This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

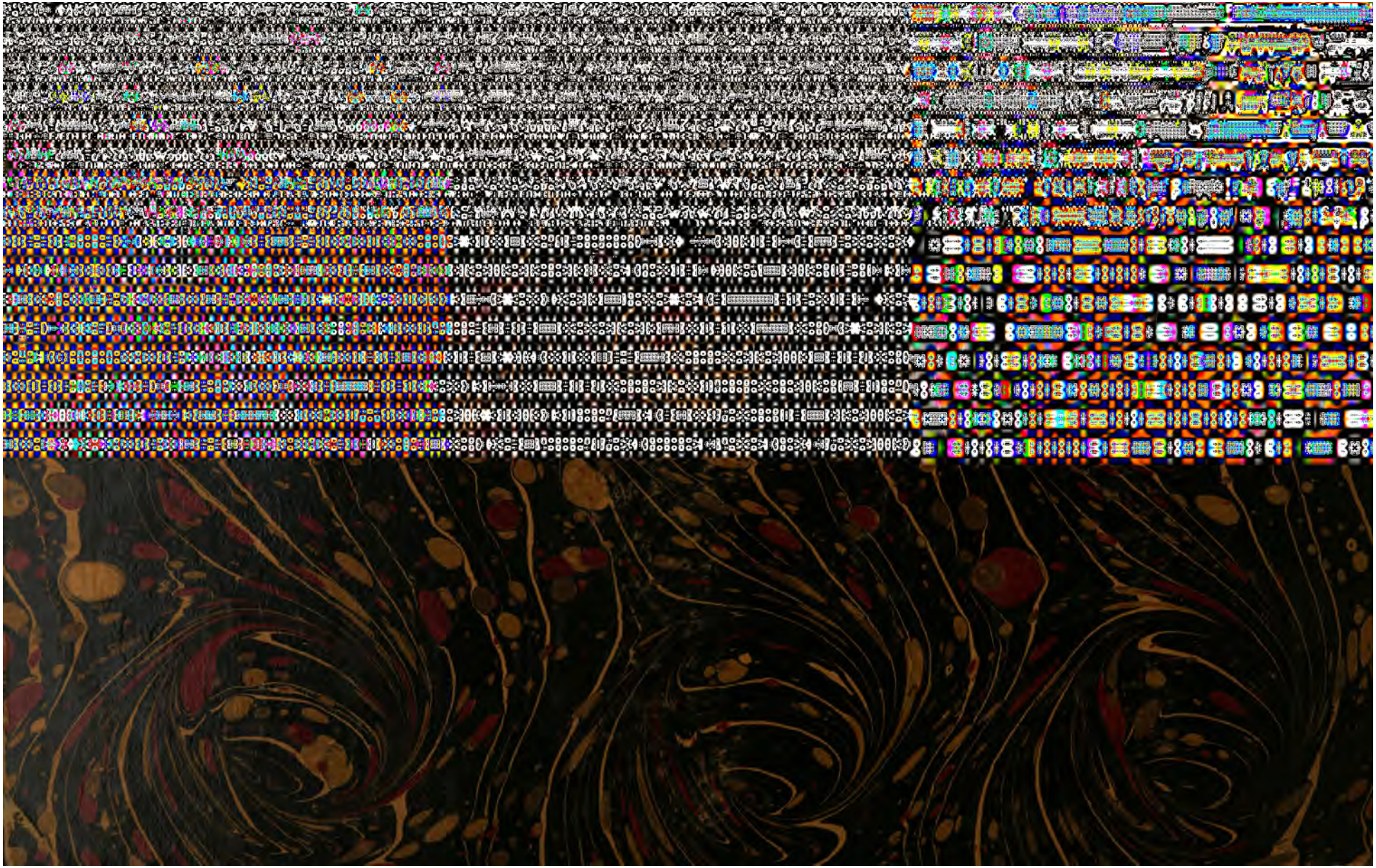
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



Library
of the
University of Wisconsin

CHEMISCH-CALORISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

GENERATOREN UND MARTINÖFEN.

VON

HANNS v. JÜPTNER UND FRIEDRICH TOLDT.

---

2. AUFLAGE.

LEIPZIG.

VERLAG VON ARTHUR FELIX.

1900.

Alle Rechte vorbehalten.

Druck der kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

5972781

129378
MAY 18 1909
MKGR
J97

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
I. Bei den Versuchen verwendete Messapparate	2
Apparate für die Gasanalyse	2
Thermometer und Pyrometer	3
II. Durchführung der Versuche im Allgemeinen	8
III. Versuche und ihre Berechnung	15
A. Generatoren	16
B. Martinöfen	18
a) Generatoren	22
Versuch 1	22
„ 2	23
„ 3	39
„ 4	49
IV. Zusammenstellung vorstehender Versuchsdaten	61
V. Vergleich vorstehender Versuchsdaten	64
b) Martinöfen	65
Versuch 1	65
„ 2	66
„ 3	73
„ 4	79
VI. Zusammenstellung vorstehender Versuchsdaten	87
VII. Vergleich der Heizversuchsresultate	90

Einleitung.

Die verschiedenen Ansichten, welche über die Siemens'sche Theorie der freien Flammenentfaltung ausgesprochen wurden und welche einen erheblichen Theil der Fachliteratur der letzten Jahre bildeten, hatten uns die Veranlassung geboten, Versuche anzustellen, um ziffermässige Daten zu erhalten, die vielleicht einen kleinen Beitrag zur Lösung der schwebenden Frage liefern dürften. Wie aus Folgendem zu ersehen ist, basirt die durchgeführte Arbeit auf Beobachtungen, die mit möglichst grösster Genauigkeit und Sorgfalt vorgenommen wurden. Wir sind jedoch weit davon entfernt die erhaltenen Zahlen als absolut richtig hinstellen zu wollen, nachdem dieselben durch zahlreiche, unvermeidliche, wenn auch kleine Beobachtungsfehler, die sich ebensogut summiren, wie auch aufheben können, beeinflusst sein werden. Da aber gleichwohl die Resultate für die Praxis auf hinreichende Genauigkeit Anspruch zu machen berechtigt sind, glauben wir, trotz unserer Ueberzeugung, dass drei Chargen nicht genügen, um mit Sicherheit einen Schluss auf die Vortheile und Nachtheile verschiedener Zustellungssysteme zuzulassen, unsere Arbeit der Oeffentlichkeit übergeben zu können, weil hierdurch zum Mindesten eine Methode zur theoretischen Vergleichung verschiedener Oefen gegeben ist, welche in der Praxis, wenn auch mit einiger Mühe, so doch in allen Fällen durchführbar ist. Eine derartige Studie über Martinöfen existirt unseres Wissens bisher in der sehr spärlichen Literatur dieses hüttenmännischen Zweiges noch nicht, was uns auf eine günstige Aufnahme dieser Arbeit von Seite unserer Fachgenossen hoffen lässt.

Unsere Betrachtungen gliedern sich wie folgt:

I. Bei den Versuchen verwendete Messapparate.
II. Durchführung der Versuche im Allgemeinen.
III. Versuche und ihre Berechnung.
   A. Generatoren.
      α) Allgemeines über den Versuch.
      β) Chemische Vorgänge im Generator.
      γ) Wärmevertheilung im Generator.

B) Martinöfen.
  α) Allgemeines über den Versuch.
  β) Chemische Vorgänge im Martinofen.
  γ) Wärmevertheilung im Martinofen.
IV. Zusammenstellung und Vergleichung der Versuchsresultate.

I. Bei den Versuchen verwendete Messapparate.

Da es zu weit führen würde, sämmtliche angeführte Apparate einer eingehenden Besprechung zu unterziehen, so werden wir uns im Folgenden darauf beschränken, dieselben der Reihe nach anzuführen und bei einzelnen einige Bemerkungen hinzuzufügen.

Apparate für die Gasanalyse.

a) Saugapparate. Als solche sind hervorzuheben: Saugflaschen mit Heberhahn von F. Schwackhöfer, welche den Vortheil bieten, dass man im Stande ist, zu saugen und auszublasen, ohne die Verbindung zwischen Flasche und Saugraum lösen zu müssen. Beschreibung und Zeichnung in Jüptner's „Eisenhüttenchemiker", p. 225.

Die Schläuche zur Verbindung der Saugflaschen mit den Saugröhren sind aus reinem Kautschuk ohne Naht hergestellt; sie werden von der Firma Reithofer in Wien angefertigt.

Saugrohre. 2,0 m lange, schmiedeiserne Röhren, deren lichte Weite = 9 mm ist und an deren oberem Ende ein Schlauchansatzstück aus Messing angebracht ist. Zur Fixirung des Rohres dient eine durchlochte Eisenscheibe mit Stellschraube.

b) Gasanalysenapparat. Unter allen ähnlichen Apparaten erschien uns der grosse Gasanalysenapparat von F. Schwackhöfer als der für unsere Zwecke bequemste und verlässlichste. Wir verweisen diesbezüglich auf Jüptner's „Eisenhüttenchemiker", p. 254, worin ausser der Beschreibung auch die Prüfung des Apparates eingehend besprochen ist und sich auch weitere Literaturangaben finden.

In neuerer Zeit wurde von W. Thörner ein sehr zweckmässiger Gasanalysenapparat konstruirt, der von Paul Altmann in Berlin bezogen werden kann. Derselbe gestattet die Bestimmung von Sauerstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, schweren Kohlenwasserstoffgasen ($C_n H_{2n}$), Methan, Wasserstoff und Stickstoff (mit seinen Begleitern). Abbildung und Beschreibung desselben siehe: Jüptner, Fortschritte im Eisenhüttenlaboratorium, Bd. II, p. 468, wo auch andere neuere Gasanalysenapparate eingehend beschrieben sind.

Es sei hier noch angeführt, dass für Untersuchungen, wie die vorliegenden, nur solche Apparate angewendet werden können, mit welchen man im Stande ist, auch Wasserstoff, Methan und Stickstoff zu bestimmen.

c) Thermometer und Pyrometer.

Für niedere Temperaturen (Lufttemperaturen beim Martin-Siemensofen und bei den Generatoren) wurden gewöhnliche Quecksilberthermometer verwendet. Für Temperaturen bis zu 460° C. (Generatorgase und Essengase) bedienten wir uns des Wasserstoff-Quecksilberthermometers von F. Buck (Wien, IV., Kettenbrückengasse 10), das sich von dem gewöhnlichen Thermometer bloss dadurch unterscheidet, dass es über dem Quecksilber statt des Vacuums Wasserstoffgas enthält. — Solche Apparate sind gegenwärtig für vorangegebene Temperaturgrenze recht häufig in Anwendung. An Stelle der Wasserstofffüllung wird nicht selten Stickstoff benutzt. Für höhere Temperaturen wendeten wir das Siemens'sche Wasserpyrometer (Calorimeter) und das Graphitpyrometer von Steinle und Hartung in Quedlinburg an.

Alle diese Apparate haben wir betreffs ihrer Angaben vor der Verwendung sorgfältiger Prüfung unterzogen.

Von den neueren Pyrometern, welche wir bei später vorgenommenen Temperaturmessungen wiederholt benutzt und von deren Verwendbarkeit wir uns überzeugt haben, seien hier genannt das Wiborgh'sche Luftpyrometer, welches, da ein Porzellanrohr angewendet wird, bis Maximum 1400° C. dienlich sein kann[1]), insbesondere jedoch seien die elektrischen Pyrometer erwähnt, da sich dieselben für Messung höherer Temperaturen (bis 1600° C.) ganz besonders bewährt haben.

Von diesen Instrumenten, deren Handhabung eine äusserst bequeme, deren Dauerhaftigkeit eine zufriedenstellende ist und welche auch in höheren Temperaturstufen genaue, bei verständiger Handhabung verlässliche Angaben liefern, wollen wir die Ausführung von Le Chatelier eingehender behandeln.

Le Chatelier wendet ein Thermoelement, bestehend aus einem Platin und einem Platin-Rhodiumdraht, an. Dieses ist mit einem Spiegelgalvanometer nach Deprez d'Arsouval verbunden, dessen, durch den bei Erhitzung des Thermoelementes entstehenden Thermostrom hervorgerufener Ausschlag, gemessen wird. Die Ausführung des Pyrometers nach Le Chatelier's Angaben hat Carpentier in Paris übernommen und sind von dort solche Instrumente zu beziehen. Im „Journal de physique" Bd. I, p. 185, 1892 empfiehlt Le Chatelier die photometrische Bestimmung hoher Temperaturen, welche darauf beruht, dass die Intensität des von einem weissglühenden Körper eingesaugten rothen Lichtes sich zwischen 1000° und 1700° im Verhältnisse 1:300 ändert und ist es möglich mittelst eines für einfarbiges Licht konstruirten Photometers diese Aenderungen zu messen. Le Chatelier verwendete diese Einrichtung zur Messung der Sonnentemperatur mit 7600° C. Solche optische Pyrometer liefert M. Ph. Pellin vorm. Dubosq in Paris. (Ueber die Bestimmung der Sonnentemperatur ist Näheres zu finden:

[1]) Siehe Jüptner: Fortschritte im Eisenhüttenlaboratorium.

Comptes rendus, Bd. 114, p. 737, 1892). Ein anderes photometrisches Pyrometer von Mesuré & Nouel sei nur dem Namen nach erwähnt.

Durch die Aenderungen des Le Chatelier-Pyrometers, welche W. C. Heraeus in Hanau und Keiser & Schmidt in Berlin anbrachten, hat das Instrument an Handlichkeit und Dauerhaftigkeit derart gewonnen, dass diese Ausführung für Temperaturbestimmungen bei metallurgischen Prozessen bestens empfohlen werden muss, umsomehr als dieses Instrument die Möglichkeit bietet Temperaturen bis 1600° C. mit Genauigkeit festzulegen.

Das Pyrometer ist speziell für industrielle Zwecke konstruirt und ist daher anderen Ausführungen in mancher Hinsicht vorzuziehen. In dem Bericht der „Physikalisch-technischen Reichsanstalt" in Berlin sind die Vorzüge des von den Professoren Holborn und Wien modifizirten Le Chatelier'schen Thermo-Elementes niedergelegt. Ein grosser Vortheil dieses Apparates ist darin zu suchen, dass die Ablesung so einfach als möglich ist. Jeder halbwegs intelligente Arbeiter wird in kürzester Zeit mit dem Instrumente umzugehen verstehen. Ausserdem wären noch folgende Vorzüge zu erwähnen. Das Instrument ist dauerhaft, seine Angaben werden durch die Einwirkung der hohen Temperaturen nicht verändert, der Ableseapparat kann von den Stellen, wo die Temperaturen gemessen werden sollen, weit entfernt werden, wobei darauf Rücksicht zu nehmen ist, dass der Widerstand in der Leitung nicht mehr als 1 Ohm betrage, was bei einer Entfernung von 100 Meter durch Anordnung eines Kupferdrahtes von 2 mm erreicht wird und ist man endlich auch im Stande den Ableseapparat durch Umschalten mit einer ganzen Reihe von Thermoelementen zu verbinden, so dass man von einem geschützten Orte aus die Temperaturen verschiedener Feuerungsstellen jederzeit rasch bestimmen kann, da die Anzeige des Instrumentes momentan erfolgt.

Das Thermoelement besteht aus einem Draht aus reinem Platin von 0,6 mm Stärke und 1500 mm Länge, dessen eines Ende mit einem gleichen, aus einer Legirung von 10% Rhodium und 90% Platin bestehendem Drahte zu einer kleinen Kugel zusammengeschmolzen ist. Von Wichtigkeit dabei ist die Reinheit der verwendeten Metalle, um es stets mit annähernd gleichen thermoelektrischen Werthen zu thun zu haben, was besonders bei Nachbestellungen von Bedeutung ist. Die beiden anderen Enden des vorgenannten Drahtes werden zu einem Stromkreise geschlossen. Durch Erhitzung der Löthstelle entsteht ein schwacher elektrischer Strom, im Mittel beiläufig 0,001 Volt für eine Temperaturerhöhung von 100° C. Dieser Strom steht zu der Temperatur in einem bestimmten Verhältniss, welches durch Vergleichung mit dem Luftthermometer festgestellt werden kann. Jedes von der Firma Heraeus in Hanau oder Keiser & Schmidt in Berlin gelieferte Instrument wird von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüft und erhält die Ergebnisse dieser Untersuchung in einer Tabelle mitgegeben.

[redacted] Instrument unverzüglich zur

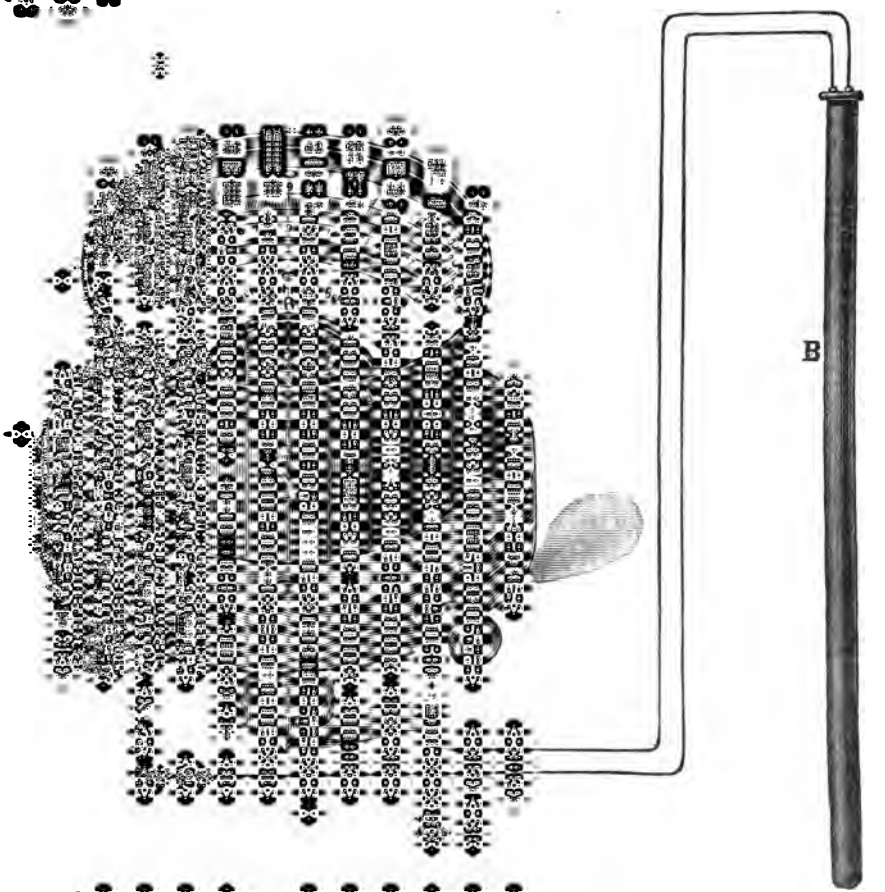
[redacted] Enden des Thermoelementes

[redacted] tzt zwei Skalen, auf welchen

[redacted] deren andere die Temperatur-

[redacted] mentes wird von den Profes-

[redacted] einer Ablesung von 1000° C.



[redacted] ährend des Gebrauches nicht

[redacted] welche bei den vorwaltenden

[redacted] er dessen Legirung eingehen.

[redacted] ar werden. Dies wird durch

[redacted] ntes in einer Porzellanhülse,

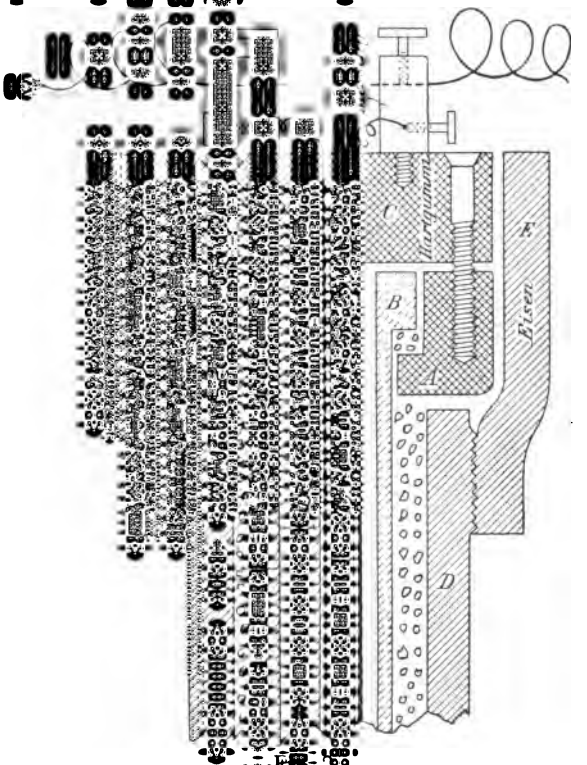
[redacted] ermöglicht, verhindert. Auf

[redacted] inwirkung der Flammengase

[redacted] können Temperaturen bis zu

[redacted] des Elementes sei Folgendes

nene Hartgummischeibe *A* ist
ohr geschoben. Diese Scheibe
ge Verstärkung *B* des Porzellan-
ne Schicht Asbestschnur gelegt.
zwei feine Löcher zum Durch-
tung zur Aufnahme des heraus-
e. Diese zweite Hartgummi-
hrauben mit der Hartgummi-
Ganze fest mit den Porzellan-



mmischeibe *C* befinden sich zwei
nd Zuleitungsdrähte aufnehmen.
estschnur umwickelt und in ein
t am unteren Ende mit einer
eren Ende ist eine Muffe *E* an-
Eisenschrauben der Hartgummi-
ist.

nte vorgenommenen Untersuch-
Resultate ergeben und können
pparate bestens empfehlen. Da
Raume, dessen Temperatur zu
an den Vortheil bei Regenerativ-

öfen in jeden der Regeneratoren sowie an anderen Stellen solche Elemente einzusetzen. Die Drähte laufen beim Galvanometer auf einem Schaltbrette zusammen und ist man auf diese Weise in der Lage die Temperaturen an verschiedenen Stellen des Ofens jederzeit bestimmen und derart den Gang des Ofens genau kontrolliren zu können.

Sehr werthvoll für Hüttenleute behufs Bestimmung der Temperatur geschmolzenen Roh- und Flusseisens, von Schlacken und dergl., sind die Schwimmpyrometer[1]), welche auf demselben Prinzipe beruhen, wie die vorbeschriebenen Thermoelemente, sich jedoch durch ihre Kugelgestalt von jenen unterscheiden.

Eine weitere Ausführung eines elektrischen Pyrometers, welches im Hüttenwesen mehrfach angewendet wird, aber in der Handhabung vielleicht etwas weniger einfach als vorbeschriebenes Instrument ist, jedoch ebenso verlässliche Temperaturangaben liefert, ist das elektrische Widerstandsthermometer von Hartmann und Braun in Frankfurt a. M. Dieses Instrument wird für Temperaturen bis ca. 400° C. empfohlen.

Für höhere Temperaturen wenden auch Hartmann und Braun die Le Chatelier'sche Ausführung an und zwar bis zu 1000° C. ein Platin-Platinnickelelement, darüber hinaus bis 1600° C. ein Platin-Platinrhodiumelement, wozu bemerkt werden muss, dass ersteres Element die doppelte Empfindlichkeit des Platinrhodiumelementes besitzt.

Die Firma Hartmann & Braun ist damit beschäftigt diese Temperaturmessapparate als registrirende Instrumente auszuführen.

d) Als Hygrometer benützten wir das Bifilarhygrometer von Lambrecht (Klinkerfues).

e) Zur Bestimmung des Luftdruckes diente uns ein Aneroïdbarometer, das vorher mit einem Normalbarometer verglichen wurde.

f) Calorimeter. Als solches verwendeten wir ein dem Eiscalorimeter von Lavoisier und Laplace ähnliches Instrument, dessen Einrichtung aus beigegebener Zeichnung zu ersehen ist (Fig. 3).

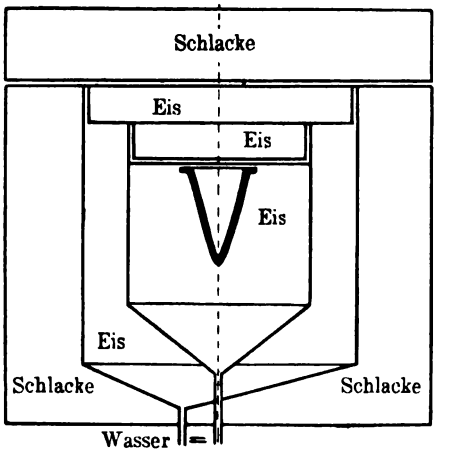


Fig. 3.

[1]) Stahl und Eisen. 1896. pag. 664.

II. Durchführung der Versuche im Allgemeinen.

Die uns zu den folgenden Berechnungen dienenden Beobachtungen wurden in der Zeit einer Charge inclusive Bodenmachen durchgeführt, und können in Beobachtungen beim Generator und Beobachtungen beim Martinofen getheilt werden.

Die Beobachtungen beim Generator erstrecken sich auf:

a) Gewicht der vergichteten Kohle,
b) Zusammensetzung derselben,
c) Heizeffekt derselben,
d) Menge des Rostdurchfalles,
e) Zusammensetzung desselben,
f) Temperatur der Verbrennungsluft,
g) Feuchtigkeitsgehalt der Verbrennungsluft,
h) Temperatur der Generatorgase beim Ausströmen aus dem Generator,
i) Zusammensetzung derselben.

Die Beobachtungen beim Martinofen umfassen:

a) Temperatur der in die Gaskanäle, sowie in die Generatorkammern einströmenden Generatorgase,
b) Temperatur der Verbrennungsluft,
c) Feuchtigkeitsgehalt derselben,
d) Temperatur der aus den Regeneratoren ausströmenden Gase,
e) Temperatur der Essengase,
f) Zusammensetzung der Essengase,
g) Menge des Einsatzes,
h) Temperatur des Einsatzes,
i) Zusammensetzung des Einsatzes,
j) Menge des erzeugten Stahles,
k) Zusammensetzung desselben,
l) calorische Messung der von demselben mitgenommenen Wärme,
m) Menge der Schlacken,
n) Zusammensetzung der Schlacken.

Dass der Generator vor und nach dem Versuche auf gleiche Höhe niedergebrannt, respektive gefüllt, sowie dass sowohl vor Beginn als auch am Schlusse des Versuches der Aschenfall vollkommen gereinigt wurde, sei hier erwähnt.

Die Analysen der Kohlen, sowie calorimetrische Heizwerthbestimmungen derselben lieferte Professor F. Schwackhöfer in Wien, und zwar letztere direkt mit seinem Calorimeter („Zeitschrift für analytische Chemie", 1884, p. 453, und „Zeitschrift der Dampfkessel-Untersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G.", 1884, Nr. 6 und 7).

Heute würde sich das Calorimeter von P. Mahler in Paris (Obus calorimètrique) besonders empfehlen. Eine eingehende Beschreibung desselben findet sich in H. v. Jüptner „Fortschritte im Eisenhüttenlaboratorium", Bd. II, p. 441 und „Die Bestimmung des Heizwerthes von Brennmaterialien", Stuttgart 1898.

Wo kein geeignetes Calorimeter zur Verfügung steht, kann man sich mit Vortheil der von Jüptner gegebenen empirischen Formel:

$$p = 76 . 30\,K + C . \frac{S_{''}}{100}$$

bedienen, in welcher bedeutet:

p = Brennwerth in Calorien,

K = Cokes-Kohlenstoff,

$S_{''}$ = den zur vollständigen Verbrennung der gasförmigen Destillationsprodukte erforderlichen Sauerstoff, und

C = einen Coëfficienten, dessen Werth von der Gasgiebigkeit des trockenen und aschenfreien Brennstoffes abhängig ist.

Zur Berechnung des Brennwerthes einer Kohle genügt es, den Wasser- und Aschengehalt einer Kohle, sowie deren Gasgiebigkeit in bekannter Weise zu ermitteln und die zur vollständigen Verbrennung derselben erforderliche Sauerstoffmenge aus dem Bleiregulus der Berthierprobe abzuleiten. Dann ist die zur Verbrennung des Cokes-Kohlenstoffes erforderliche Sauerstoffmenge

$$S_{,} = \frac{8}{3} K,$$

und somit der Sauerstoffbedarf zur vollständigen Verbrennung der gasförmigen Destillationsprodukte:

$$S_{''} = S - S_{,} = S - \frac{8}{3} K.$$

Die Werthe von C sind in der folgenden Tabelle enthalten[1]):

---

[1]) Hierbei sind die Kohlen in nachstehende 4 Gruppen getheilt:

Gruppe:	Gasgiebigkeit	Cokes-Kohlenstoffe
I	0—33 %	100—67 %
II	33—47,5 %	67—52,5 %
III	47,5—75 %	52,5—25 %
IV	75—100 %	25—0 %

Gruppe	I	II	III	IV
Gasgiebigkeit des wasser- und aschenfreien Brennstoffes	0—33 %	33—47,5 %	47,5—75 %	75—100 %
Cokes-Kohlenstoff des wasser- und aschenfreien Brennstoffes	100—67 %	67—52,5 %	52,5—25 %	25—0 %
$\frac{S_{,,}}{S_{,}}$	Werth des Coëfficienten C			
0,08	5000	—	—	—
0,09	4950	—	—	—
0,10	4900	—	—	—
0,11	4830	—	—	—
0,12	4760	—	—	—
0,13	4690	—	—	—
0,14	4620	—	—	—
0,15	4550	5100	—	—
0,16	4486	5040	—	—
0,17	4422	4980	—	—
0,18	4358	4920	—	—
0,19	4294	4860	—	—
0,20	4230	4800	—	—
0,21	4176	4740	—	—
0,22	4122	4680	—	—
0,23	4068	4620	—	—
0,24	4014	4560	—	—
0,25	3960	4500	5250	—
0,26	3914	4444	5180	—
0,27	3868	4388	5110	—
0,28	3822	4332	5040	—
0,29	3776	4276	4970	—
0,30	3730	4220	4900	—
0,31	3682	4178	4840	—
0,32	3644	4136	4780	—
0,33	3606	4094	4720	—
0,34	3578	4052	4660	—
0,35	3540	4010	4600	—
0,36	3508	3978	4550	—
0,37	3476	3946	4500	—
0,38	3444	3914	4450	—
0,39	3412	3828	4400	—
0,40	3380	3850	4350	—
0,41	3354	3822	4314	—
0,42	3328	3794	4278	—
0,43	3302	3766	4242	—
0,44	3276	3738	4206	—
0,45	3250	3710	4170	—
0,46	3230	3688	4140	—
0,47	3210	3666	4110	—
0,48	3190	3644	4080	—
0,49	3170	3622	4050	—
0,50	3150	3600	4020	—
0,51	3134	3578	3998	—
0,52	3118	3556	3976	—

Gruppe	I	II	III	IV
Gasgiebigkeit des wasser- und aschenfreien Brennstoffes	0 - 33 %	33—47,5 %	47,5—75 %	75 —100 %
Cokes-Kohlenstoff des wasser- und aschenfreien Brennstoffes	100—67 %	67—52,5 %	52,5—25 %	25—0 %
$\frac{S_{,,}}{S_{,}}$	Werth des Coëfficienten C			
0,53	3102	3534	3954	—
0,54	3086	3512	3932	—
0,55	3070	3490	3910	—
0,56	3056	3472	3892	—
0,57	3042	3454	3874	—
0,58	3028	3436	3856	—
0,59	3014	3418	3838	—
0,60	3000	3400	3820	—
0,61	2990	3386	3806	—
0,62	2980	3372	3792	—
0,63	2970	3358	3778	—
0,64	2960	3344	3764	—
0,65	2950	3330	3750	—
0,66	2940	3320	3738	—
0,67	2930	3310	3726	—
0,68	2920	3300	3714	—
0,69	2910	3290	3702	5060
0,70	2900	3280	3690	5050
0,71	2894	3272	3680	5024
0,72	2888	3264	3670	4998
0,73	2882	3256	3660	4972
0,74	2876	3248	3650	4946
0,75	2870	3240	3640	4920
0,76	2866	3234	3632	4899
0,77	2862	3228	3624	4878
0,78	2858	3222	3616	4857
0,79	2854	3216	3608	4836
0,80	2850	3210	3600	4815
0,81	2850	3206	3594	4807
0,82	2850	3202	3588	4789
0,83	2850	3198	3582	4761
0,84	2850	3194	3576	4743
0,85	2850	3190	3570	4725
0,86	2850	3186	3568	4707
0,87	2850	3182	3566	4689
0,88	2850	3178	3564	4671
0,89	2850	3174	3562	4653
0,90	2850	3170	3560	4635
0,91	2850	3166	3558	4619
0,92	2850	3162	3556	4603
0,93	2850	3158	3554	4587
0,94	2850	1534	3552	4571
0,95	2850	3150	3550	4555
0,96	2850	3146	3550	4540
0,97	2850	3142	3550	4525

Gruppe	I	II	III	IV
Gasgiebigkeit } des wasser- und aschenfreien	0—33 %	33—47,5 %	47,5—75 %	75—100 %
Coks-Kohlenstoff } Brennstoffes	100—67 %	67—52,5 %	52,5—25 %	25—0 %
$\frac{S_{,,}}{S_{,}}$	Werth des Coëfficienten C			
0,98	2850	3138	3550	4510
0,99	2850	3134	3550	4495
1,00	2850	3130	3550	4480
1,10	—	3095	3550	4350
1,20	—	3060	3550	4260
1,30	—	3025	3550	4250
1,40	—	2990	3550	4240
1,50	—	2955	3550	4230
1,60	—	—	3550	4220
1,70	—	—	3550	4200
1,80	—	—	3550	4190
1,90	—	—	3550	4180
2,00	—	—	3550	4170
2,25	—	—	—	4145
2,50	—	—	—	4120
2,75	—	—	—	4095
3,00	—	—	—	4070
3,25	—	—	—	4045
3,50	—	—	—	4020
3,75	—	—	—	3995
4,00	—	—	—	3970
4,25	—	—	—	3945
4,50	—	—	—	3920
4,75	—	—	—	3895
5,00	—	—	—	3870
5,25	—	—	—	3845
5,50	—	—	—	3820
5,75	—	—	—	3795
6,00	—	—	—	3770

Wegen der Schwierigkeit von den grossen bei einem Heizversuche verbrannten Kohlenmengen für die Analyse eine richtige Durchschnittsprobe zu erlangen, wurde folgende Methode zur Durchführung der Brennstoffanalyse im Grossen (direkt beim Heizversuche) in Vorschlag gebracht[1]).

1. Man bestimmt den Nässegehalt in einer grossen Durchschnittsprobe (mindestens 1/2 kg, am besten einige kg).

2. den Aschengehalt entweder direkt in einer grösseren Durchschnittsprobe, oder noch besser unmittelbar bei einem im Grossen ausgeführten Heizversuche, indem man das Gewicht der verheizten Kohle,

[1]) H. v. Jüptner, österr. Z. f. Bg. u. H. W. 1892 p. 84, 96; Fortschritte im Eisenhüttenlaboratorium, II, p. 382.

sowie des gebildeten Rostdurchfalles ermittelt, von letzerem eine Durchschnittsprobe nimmt, und den Aschengehalt derselben bestimmt. Der hierbei sich ergebende Gewichtsverlust wird als Kohlenstoff in Rechnung gesetzt.

3. Der als Flugruss abgeschiedene Kohlenstoff wird entweder vernachlässigt, was meist ohne erheblichen Fehler thunlich ist, oder in bekannter Weise bestimmt.

4. Die Zusammensetzung der Verbrennungsgase.

5. Die theoretisch zur vollständigen Verbrennung von 1 kg des Brennstoffes nöthige Sauerstoffmenge (nach Art der Berthier'schen Brennwerthbestimmung). Man macht gleichzeitig 4 bis 6 solcher Proben mit je 5 g Einwage und nimmt hieraus das Mittel. Bei einer Einwage von 1 g entspricht 0,1 des Bleiregulus 0,00773 kg Sauerstoff per 1 kg Kohle, also entspricht bei 5 g Einwage 1 g Bleiregulus 0,01546 kg Sauerstoff pro 1 kg Kohle.

Bezeichnet man

den 100 kg Kohle entsprechenden Kohlstoffgehalt des Rostdurchfalles mit . . . . . $\varkappa$

die für 100 kg Kohle theoretisch erforderliche Sauerstoffmenge mit σ

den Aschengehalt der Kohle mit . . . . . A

„ Wassergehalt „ „ „ . . . . . W

„ volumprozentischen Gehalt der Verbrennungsgase

an Kohlensäure mit . . . . . CO_2

„ Kohlenoxyd „ . . . . . CO

„ Sauerstoff „ . . . . . O_2

„ Stickstoff „ . . . . . N_2

so haben wir:

Bei der Verbrennung wirklich in Aktion getretener Sauerstoff (da ja der Kohlenstoff des Rostdurchfalles nicht verbrannte) $= \sigma - \frac{8}{3}\varkappa$.

Sauerstoffgehalt der Gase $o_{,} = CO_2 + \frac{CO}{2} + O_2$.

Dem Stickstoffgehalte der Gase entsprechende Sauerstoffmengen[1])

$$O_{,,} = \frac{21}{79} N_2.$$

---

[1]) Bei Generatorgasen hätten wir:

Gehalt an Kohlensäure . . . . . CO_2

„ „ Kohlenoxyd . . . . . CO

„ „ Methan . . . . . CH_4

„ „ Wasserstoff . . . . . H_2

Gehalt an Sauerstoff . . . . . O_2

„ „ Stickstoff . . . . . N_2

und hieraus den

Zur Verbrennung des disponiblen Wasserstoffes benöthigter Sauerstoff:

$$\frac{w}{2} = o_{''} - o_{'}$$

Der verbrauchte Sauerstoff vertheilt sich somit zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff nach den Proportionen

$$\left(CO_2 + \frac{CO}{2} + \frac{w}{2}\right) : \left(CO_2 + \frac{CO}{2}\right) = \left(\sigma - \frac{8}{3}\varkappa\right) : x$$

für den vergasten Kohlenstoff und

$$\left(CO_2 + \frac{CO}{2} + \frac{w}{2}\right) : \frac{w}{2} = \left(\sigma - \frac{8}{3}\varkappa\right) : y$$

für den disponiblen Wasserstoff.

Den x Sauerstoff entsprechen nun $\frac{3}{8}$ x Kohlenstoffe, während den y Sauerstoff $\frac{1}{8}$ y Wasserstoff entsprechen.

Hieraus berechnet sich weiter die Zusammensetzung des Brennstoffes wie folgt:

$$\text{Vergaster Kohlenstoff} = \frac{3}{8}x = \frac{3}{8}\,\frac{\left(CO_2 + \frac{CO}{2}\right)\cdot\left(\sigma - \frac{8}{3}\varkappa\right)}{CO_2 + \frac{CO}{2} + \frac{w}{2}}$$

$$\text{Gesammt-Kohlenstoff: } C = \frac{3}{8}x + \varkappa$$

$$\text{Disponibler Wasserstoff} = \frac{\left(\sigma - \frac{3}{8}\varkappa\right) - x}{8} = h$$

$$\text{Chemisch gebundenes Wasser} = 100 - (A + W + C + h)$$

$$\text{Nässegehalt} = W$$

$$\text{Aschengehalt} = A$$

Bei erheblichem Schwefelgehalte der Kohlen wird vom theoretischen Gesammt-Sauerstoffbedarfe für den durchschnittlichen Schwefelgehalt S (der direkt bestimmt werden müsste) bei Kohlen 8·72 × 0·0773 S = 0,674 S, bei Cokes aber 7,18 × 0,0773 S = 0,555 S kg in Abzug gebracht, da erstere Fe_2S, letztere aber FeS enthalten.

Der Nässegehalt der Kohlen, sowie die Zusammensetzung des Rostdurchfalles und alle übrigen nöthigen Analysen wurden im Neuberger Hüttenlaboratorium ausgeführt.

Temperatur und Feuchtigkeit der Verbrennungsluft beim Generator, sowie beim Martinofen, die Temperatur der Generatorgase und der Essengase wurden alle zehn Minuten, die Temperaturen der in die Re-

---

Gesammt-Kohlenstoffgehalt der Gase $= \frac{CO_2 + CO + CH_4}{2}$

„ Sauerstoff „ „ „ $= CO_2 + \frac{CO}{2} + O_2$

„ Wasserstoff „ „ „ $= 2\,CH_4 + H_2$

generatoren einströmenden und aus denselben ausströmenden Gase, sowie der Luftdruck, alle zwanzig Minuten, unmittelbar vor jeder Umsteuerung gemessen. Den Feuchtigkeitsgehalt der Luft berechneten wir, nachdem wir am Hygrometer den relativen Feuchtigkeitsgehalt in Prozenten abgelesen hatten, mit Zuhilfenahme der Tabelle über den Wassergehalt der gesättigten Luft für die verschiedenen Temperaturgrade derselben.

Betreffs der calorimetrischen Messungen der vom Stahl mitgenommenen Wärmemenge (jene der Schlacke wurde nach Gruner angenommen, nachdem uns nur ein Calorimeter zur Verfügung stand; doch dürfte, weil die Schlackenmenge gegenüber der Stahlquantität gering ist, der hieraus eventuell resultirende Fehler verschwindend sein) sei erwähnt, dass in das oben angeführte Calorimeter eine gewisse, nachher gewogene Stahlmenge, unmittelbar vor dem Abstiche aus dem Ofen geschöpft, so rasch als möglich eingegossen und die geschmolzene Eismenge gemessen wurde. Beträgt das Gewicht des Stahles P g, das des geschmolzenen Eises P_1 g, so ist, da die latente Schmelzwärme des Eises 80 Calorien beträgt, die pro 1 kg Stahl mitgeführte Wärme $P = \frac{80\,P_1}{P}$ Calorien.

Um möglichst richtige Durchschnittsproben zu bekommen, liessen wir die Generator- und Essengase möglichst langsam und lange ansaugen. Die Berechnung des Mittels aus den Analysen erfolgte mit Berücksichtigung der Saugzeiten.

Wie die nachfolgenden Versuche zeigen, ergibt sich bei der Sauerstoffberechnung jedesmal ein Manco, welches theils daher kommen mag, dass die Luft in den Hüttenräumen um ein Geringes sauerstoffärmer sein wird, als im Freien, theils aber auch daher, dass, trotzdem das Wasser in den Saugflaschen mit einer circa 1 cm hohen Oelschicht gedeckt ist, doch möglicher Weise eine bemerkbare Kohlensäureabsorption in den Saugflaschen stattfinden kann. Bei den Generatoren mussten wir, wegen Mangel an Daten, die kondensirbaren Destillationsprodukte vernachlässigen, was allerdings nur einen kleinen Fehler ergeben dürfte, der aber immerhin auch zur Erklärung des Stauerstoffabganges beitragen kann.

III. Versuche und ihre Berechnung.

Um die richtige Gasmenge, welche dem Martinofen zugeführt wird, eruiren zu können, ist es unerlässlich, die Untersuchung des Martinofens mit jener des Generators zu verbinden. Der Generator darf natürlicher Weise während des Versuches einzig und allein nur den zu prüfenden Martinofen bedienen.

Der allgemeine Gang der Berechnung des Heizversuches ist folgender:

A. Generatoren.

Man berechnet zunächst die durchschnittliche Zusammensetzung des beim Versuche verwendeten Brennmateriales, sowie seinen Heizeffekt, ferner die mittlere Zusammensetzung des Rostdurchfalles und der Generatorgase, mittlere Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Verbrennungsluft, den mittleren Barometerstand, sowie die mittlere Temperatur und die mittlere volumprozentige Zusammensetzung der Generatorgase.

Nun wird die Zusammensetzung der Generatorgase in Gewichtsprozenten berechnet, wobei man die nachfolgenden Litergewichte bei 0° und 760 mm Barometerstand benutzen kann.

Gas	Gewicht von 1 Liter in g (von 1 m³ in kg) bei 0° und 760 mm	Gas	Gewicht von 1 Liter in g (von 1 m³ in kg) bei 0° und 760 mm
Aethylen C_2H_4 . . .	1,2510	Sauerstoff	1,4298
Ammoniak NH_3 . .	0,7707	Stickstoff	1,25617
Kohlenoxyd CO . .	1,2510	Wasserstoff	0,08958
Kohlensäure CO_2 . .	1,9772	Schwefelwasserstoff .	1,52147
Methan CH_4	0,7190	Wasserdampf . . .	0,8063
		Luft	1,29387

Ferner berechnet man die Elementarzusammensetzung des Gases, d. i. den Gehalt eines Cubikmeters Gas an Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, und berechnet schliesslich Menge und Zusammensetzung von Rostdurchfall, Verbrennungsluft und Generatorgasen pro 100 kg vergichteter Kohle.

Hiermit hat man alle Daten, um die chemische Bilanz des Generators aufzustellen.

Zur Aufstellung einer Wärmebilanz sind folgende Daten zu berechnen:

a) Wärmeproduktion:

1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärmemenge, wozu folgende Tabelle benutzt werden kann.

Element	Produkt	Bildungswärme	
		in Cal.	bezogen auf 1 kg
C	CO_2	8080	C
C	CO	2473	C
CO	CO_2		CO
H	CH_4	1375	H
H	NH_3	1321	H
H	SH_2	2255	H
H	H_2O	34462	H

2. Von aussen zugeführte Wärme: Hierbei benützt man folgende Formeln für die Wärmekapazität:

Formeln für die Wärmekapazität:

von 1 kg Kohle	0,221 t	Calorien
„ 1 „ Luft	0,238 t	„
„ 1 „ Wasserdampf .	0,481 t + 526,5	Calorien.

b) Wärmeverluste.

Zur Berechnung dienen folgende Daten:

Stoff:	Spezifische Wärme:
Rostdurchfall	0,221
Kohlensäure	0,217
Kohlenoxyd	0,245
Sauerstoff	0,218
Stickstoff	0,244
Wasserstoff	3,409
Ammoniak	0,508
Schwefelwasserstoff . . .	0,243
Methan	0,593

Wärmekapazität des Wasserdampfes (536,5 + 0,481 t).

Auch die spezifische Wärme ändert sich mit der Temperatur, im selben Sinne wie diese. Le Chatelier[1]) fand, dass die spezifischen Wärmen der verschiedensten Gase sich einander um so mehr nähern, je niedriger die Temperatur sinkt, und zwar scheint beim absoluten Nullpunkt der Werth der Molekularwärme (d. i. Molekulargewicht und spezifische Wärme) bei konstantem Druck gegen 6,5 zu konvergiren. Die bisherigen Beobachtungen lassen sich unter sich durch die Formel

$$C_p = 6{,}5 + a\,T$$

darstellen, worin T die absolute Temperatur (T = 273 + t) und a einen Koeffizienten bedeutet, der um so grösser ist, je zusammengesetzter das Molekül ist.

Für a berechnen sich folgende Werthe:

H, N_2, O_2, CO . . .	a = 0,0010
NH_2	= 0,0071
CO_2	= 0,0084
C_2H_4	= 0,0137

Für den absoluten Nullpunkt fand Le Chatelier folgende wahre Molekularwärmen bei konstantem Druck:

CO_2	6,39
H_2O	6,22
H_2, N_2, O_2, CO	6,10

Nach den neuesten Studien H. v. Jüptner's ist die Molekularwärme der verschiedenen Gase beim absoluten Nullpunkt wahrscheinlich nicht gleich, sondern hängt von der Zahl der Atome ab, die ein Molekül bilden.

[1]) Ztschft. für phys. Chemie 1, 456.

Formeln:

$CO_2 : Cp = 0{,}188 + 0{,}000273\,t - 0{,}0000000537\,t^2$

$H_2O : Cp = 0{,}420 + 0{,}000364\,t$

Nach Le Chatelier's Angaben hat R. Åkerman (1891) folgende Tabellen berechnet:

Mittlere spezifische Wärme der Kohlensäure:

$t = 0°$	$C_p^{o-t} = 0{,}195$	$t = 700°$	$C_p^{o-t} = 0{,}266$	$t = 1400°$	$C_p^{o-t} = 0{,}329$
100°	0,206	800°	0,276	1500°	0,338
200°	0,217	900°	0,285	1600°	0,347
300°	0,227	1000°	0,294	1700°	0,355
400°	0,237	1100°	0,303	1800°	0,364
500°	0,247	1200°	0,312		
600°	0,257	1300°	0,321		

Mittlere spezifische Wärme des Wasserdampfes:

$t = 0°$	$C_p^{o-t} = 0{,}427$	$t = 600°$	$C_p^{o-t} = 0{,}582$	$t = 1200°$	$C_p^{o-t} = 0{,}726$
100°	0,451	700°	0,607	1300°	0,750
200°	0,480	800°	0,631	1400°	0,773
300°	0,506	900°	0,655	1500°	0,796
400°	0,532	1000°	0,679	1600°	0,819
500°	0,557	1100°	0,703		

Die Summe von Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung und Vergasungswärme der Kohle ergibt sich aus der Differenz zwischen den in obiger Weise berechneten Wärmezu- und Abgängen.

Die Vergasungswärme der Kohle endlich ist die Differenz zwischen wirklicher und jener theoretischen Verbrennungswärme der Kohle, welche sich aus der Elementarzusammensetzung berechnet, wenn man deren Gesammt-Kohlenstoff- und Wasserstoff-Gehalt im ungebundenen Zustande vorhanden annimmt und zu CO_2 und H_2O verbrannt denkt.

B. Martinöfen.

Die Berechnung, die auch hier die Aufstellung einer chemischen und einer Wärmebilanz beabsichtigt, erfolgt ganz ähnlich wie bei den Generatoren, nur kann man dieselbe je nach Umständen entweder auf 100 kg Kohle oder auf 100 kg Erzeugung beziehen.

Natürlich muss hier auch Gewicht und Zusammensetzung des Einsatzes und der Produkte (Stahl und Schlacke), sowie Menge und Zusammensetzung von Generatorgas, Verbrennungsluft und Essengas etc. bekannt sein.

Zur Berechnung sind, ausser den früher gegebenen, noch folgende Daten erforderlich:

a) Wärmeproduktion:

Spezifische Wärme:

Schmiedeisen	$C = 0{,}1138$
Gusseisen	$= 0{,}1298$
Stahl, weich	$= 0{,}1165$

Spezifische Wärme:

Stahl, hart	= 0,1175
Ziegelstein	= 0,24—0,19
Erdbasenschlacke . . .	= 0,28

Verbrennungswärme:

1 kg Si zu SiO_2	7830 Cal.
1 kg Mn zu MnO	1693 „
1 kg Fe zu FeO	1258 „

Die Berechnungen lassen sich wesentlich vereinfachen, wenn man die Gaszusammensetzung nicht erst auf Gewichtsprozente umrechnet, sondern von der volumprozentischen Zusammensetzung derselben unmittelbar ausgeht[1]).

Man stützt sich hierbei auf die bekannten Beziehungen, welche zwischen dem Volumen gasförmiger Verbindungen und ihrer Bestandtheile (letztere auch gasförmig gedacht) bestehen. Hiernach sind entstanden:

2	Vol.	CO_2	aus	1	Vol.	C_2 (Gas)	und 2 Vol.	O_2
2	„	CO	„	1	„	C_2 („)	„ 1 „	O_2
2	„	CH_4	„	1	„	C_2 („)	„ 4 „	H_2
2	„	H_2O	„	1	„	O_2	„ 2 „	H_2
2	„	NH_3	„	1	„	N_2	„ 3 „	H_2
2	„	H_2S	„	1	„	S (Gas)	„ 2 „	H_2

Hieraus ergibt sich die elementare Zusammensetzung eines Gases sehr einfach in folgender Weise:

Volumprozentische Zusammensetzung eines Generatorgases		Elementarzusammensetzung in Volumen			
		C	O	H	N
Kohlensäure	4,05	2,025	4,05	—	—
Sauerstoff	0,21	—	0,21	—	—
Kohlenoxyd	26,00	23,000	23,00	—	—
Methan	0,35	0,175	—	0,70	—
Wasserstoff	12,53	—	—	12,53	—
Stickstoff	56,86	—	—	—	56,86
Summe	100,00	25,200	27,26	13,23	56,86

Volumprozentische Zusammensetzung der zugehörigen Essengase		Elementarzusammensetzung in Volumen			
		C	O	H	N
Kohlensäure	12,11	6,055	12,11	—	—
Sauerstoff	6,12	—	6,12	—	—
Kohlenoxyd	0,02	0,010	0,01	—	—
Stickstoff	51,75	—	—	—	51,75
Summe	100,00	6,065	18,24	—	51,75

Hieraus berechnen sich sofort die Volumverhältnisse zwischen beiden Gasen wie die Menge der zugetretenen Verbrennungsluft in einfachster Weise, wenn man bedenkt, dass beide Gase dieselbe Menge Kohlenstoff enthalten müssen.

[1]) H. v. Jüptner, Prüfung der Feuerungsanlagen.

Es enthält nämlich das Generatorgas $\frac{25{,}200}{6{,}065} = 4{,}15499$ mal so viel Kohlenstoff als das Essengas; es müssen somit 100 m³ Generatorgas 415,50 m³ Essengas entsprechen.

415,50 m³ Essengas enthalten aber $415{,}50 \times 51{,}75 =$ . .	215,02 m³ N_2
während die 100 m³ Generatorgase enthalten	56,86 „ „
Somit stammen aus der Verbrennungsluft	158,16 m³ N_2

und es entfallen daher auf 100 m³ Generatorgas $\frac{100 \times 158{,}16}{79} = 200{,}20$ m³ Luft.

Auch die Berechnung der 100 kg vergichteter Kohle entsprechende Generatorgasmenge ist sehr einfach. Nach obigem bestehen 2 m³ Methan aus 4 m³ Wasserstoffgas und 1 m³ (hypothetischem) Kohlenstoffgase. Nun wiegen

2 m³ CH_4	1,430040 kg
4 m³ H_2	0,358092 kg
somit wiegt 1 m³ Kohlenstoffgas	1,071948 kg

Es gehen somit für jedes kg vergaster Kohlentoffe $\frac{1}{1{,}071948} =$ 0,93288 m³ Kohlenstoffgas in das Generatorgas.

Aber auch die Wärmeberechnungen lassen sich ganz einfach mit Hilfe der Gasvolume ausführen, nur muss man statt der früher angeführten die nachfolgenden Werthe einführen.

Spezifische Bildungswärmen einiger Verbindungen[1]) bei konstantem Druck.

(H_2, O)	3797,78	Calorien
(CO, O)	1529,00	„
(C, O_2)	2203,24	„
(C, O)	1059,80	„
(C, H_4)	343,78	„
(N, H_3)	233,12	„
(S, H_2)	132,65	„

Verbindungswärmen, bezogen auf 1 m³ des ausserhalb der eckigen Klammern bezeichneten Gases bei konstantem Druck[2]).

$[CO, O]_{CO_2}$	3007,0	Calorien	
$[C, O_2]_{CO_2}$	4330,6	„	
$[H_2, O]_{H_2O}$	6125,0	„	(zu flüssigem Wasser)
$[H_4, C]_{CH_4}$	982,5	„	
$[C, O]_{CO}$	1325,5	„	
$[H_3, N]_{NH_3}$	3054,3	„	
$[H_2, S]_{SH_2}$	6861,8	„	

[1]) Jüptner: „Die Untersuchung der Feuerungsanlagen", p. 79 ff. Sie beziehen sich auf die Gewichtseinheit der gebildeten Verbindung.

[2]) H. v. Jüptner, „Die Untersuchung der Feuerungsanlagen", p. 87.

Wärmekapazität verschiedener Gase bei konstantem Druck bezogen auf 1 m³ bei 0° C. und 760 mm Barometerstand[1]).

Gas	Wärmekapazität in Calorien für								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Cubikmeter								
Luft, atmosphärische .	0,3075	0,6150	0,9224	1,2299	1,5374	1,8449	2,1524	2,4598	2,7673
Kohlensäure	0,4266	0,8532	1,2798	1,7064	2,1330	2,5596	2,9862	3,4128	3,8394
Kohlenoxyd	0,3034	0,6067	0,9109	1,2135	1,5169	1,8202	2,1236	2,4270	2,7303
Sauerstoff	0,3121	0,6242	0,9363	1,2484	1,5005	1,8725	2,1846	2,4967	2,8088
Stickstoff	0,3066	0,6132	0,9198	1,2264	1,5331	1,8397	2,1463	2,4529	2,7595
Wasserstoff	0,3051	0,6101	0,9152	1,2202	1,5253	1,8303	2,1354	2,4404	2,7455
Methan	0,4243	0,8486	1,2729	1,6972	2,1212	2,5457	2,9700	3,3943	3,8186
Aethylen	0,4858	0,9716	1,4573	1,9431	2,4289	2,9147	3,4005	3,8862	4,3720
Wasserdampf	0,3823	0,7646	1,1468	1,5291	1,9114	2,2937	2,6760	3,0582	3,4405

NB. Da ein Cubikmeter Wasserdampf (wenn er sich wie ein vollkommenes Gas verhalten würde) bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck 0,8048 kg wiegen würde, so beträgt die von demselben bei seiner Kondensation (Siedepunkt 100° C.) und nachheriger Abkühlung auf 0° abgegebene Wärme (606,5 + 0,305 t). $0{,}8048 = 637 \times 0{,}8048 = 512{,}66$ Calorien.

Als Beispiel, wie in diesem Falle die Rechnungen durchgeführt werden können, wählen wir den letzten Heizversuch, der daher auch ausführlich mitgetheilt werden wird.

In Folgendem werden wir drei Heizversuche besprechen, welche wir am 13. Mai 1886, am 10. September und am 21. Oktober desselben Jahres, alle bei demselben Martinofen, durchführten. Bei ersterem war der Ofen nach der älteren Methode mit gesenktem Gewölbe, bei beiden letzteren mit Dom nach Siemens'schem Vorschlage[2]) zugestellt. Vorher werden wir die wichtigsten Daten eines vierten Heizversuches, der am 3. April 1885 bei demselben Martinofen (Zustellung mit gesenktem Gewölbe) von den Herren Wilhelm Schmidhammer (jetzt in Kapfenberg) und Hanns v. Jüptner durchgeführt und von ersterem berechnet wurde (der erste Martinofen-Heizversuch in Neuberg), erwähnen, während wir die von uns durchgeführten Versuche ausführlich mittheilen werden.

Bevor wir zur eigentlichen Besprechung der Versuche übergehen, wollen wir anführen, dass wir der Kürze halber in Folgendem bezeichnen werden:

Versuch vom 3. April 1885 als Versuch I.
„ „ 13. Mai 1886 „ „ II.
„ „ 10. September 1886 „ „ III.
„ „ 21. Oktober 1886 „ „ IV.

Wir wenden uns nun zum ersten Theile dieser Versuche:

[1]) H. v. Jüptner, „Die Untersuchung der Feuerungsanlagen", p. 95.

[2]) Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung von Friedrich Siemens, Berlin, Julius Springer, 1885.

a) Generatoren.

Versuch I.

α) Allgemeines:

Während des Versuches standen 3 Generatoren in Betrieb, welche in den 11 Versuchsstunden 3600 kg Kohle (Leobener und Ostrauer) verbrauchten:

Der Rostdurchfall wog 936,7 kg und enthielt 73,94% Kohlenstoff und 26,06% Asche.

β) Chemische Vorgänge im Generator.

Schmidhammer berechnet aus den vorigen Angaben, dass 100 kg vergichteter Kohle ergeben:

19,24	kg	Kohlenstoff
6,78	„	Asche
26,02	„	Rostdurchfall,
23,61	„	Kohlensäure,
2,41	„	Sauerstoff,
82,87	„	Kohlenoxyd,
0,70	„	Methan,
2,58	„	Wasserstoff,
188,79	„	Stickstoff,
Summe 300,96	kg	Generatorgas,
21,69	„	Wassergehalt der Generatorgase,
Summe 322,65	kg,	

endlich die dem Generator zugeströmte Verbrennungsluft mit 244,26 kg Wassergehalt derselben . . . . . 1,12 „

Summe 245,38 kg

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

1. Durch chemische Prozesse im Generator:

a) durch CO^2-Bildung:

$6{,}44 \times 8080 = 52\,035{,}2$ Cal.

b) durch CO-Bildung:

$35{,}52 \times 2473 = 87\,841{,}0$ „

c) durch CH^4-Bildung:

$$\frac{0{,}18 \times 5500}{4} = 247{,}8 \text{ „}$$

d) durch NH^3-Bildung:

$$\frac{0{,}05 \times 2963}{3} = 66{,}1 \text{ „}$$

e) durch H^2S-Bildung:

$$\frac{0{,}02 \times 4510}{2} = 45{,}1 \text{ „}$$

140 235,2 Cal.

Uebertrag	140 235,2	Cal.
f) durch H^2O-Bildung: $1{,}37 \times 34\,462 = 21\,900{,}0$ Cal.	162 135,2	„
2. durch die Kohle zugeführte Wärme	330,0	„
3. durch die Luft zugeführte Wärme (incl. H^2O-Gehalt)	1 100,0	„
Gesammte produzirte Wärme	163 565,2	Cal.

II. Wärmeverluste.

1. Wärmeentgang durch den etwa 500° warmen Rostdurchfall	2 600,0	Cal.
2. durch die Generatorgase entführt $81{,}20 \times 206°$	16 727,2	„
3. durch den Wassergehalt der Gase $21{,}69\,(536{,}5 + [206{,}0 \times 0{,}481])$	13 786,2	„
4. durch Wasserzersetzung $0{,}12 \times 34{,}462$ . . .	4 135,4	„
Verlorene Wärme	37 248,8	Cal.
Gesammte produzirte Wärme	163 565,2	„
	126 316,4	Cal.
Vergasungswärme (pro 100 kg) . . .	40 984,0	„
Strahlungsverlust	85 332,4	Cal.

III. Nichtproduzirte Wärme.

1. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles: $19{,}24 \times 8080$			155 459,2 Cal.
2. Wärmeleistungsfähigkeit der Generatorgase:			
$82{,}87 \times 2\,403 =$	199 136,6	Cal.	
$0{,}70 \times 13\,063 =$	9 144,1	„	
$2{,}58 \times 34\,462 =$	88 912,0	„	
$[0{,}02 \times 34\,462 + 0{,}37 \times 2\,500 - \frac{0{,}02 \times 4\,510}{2}] =$	1 569,1	„	
			298 761,8 „
Gesammte nichtproduzirte Wärme . .			454 221,0 Cal.

Versuch 2.

α) Allgemeines.

Während des Versuches standen 4 Generatoren im Betriebe, welche während der Versuchsdauer (11 St. — Min.) 2927 kg Kohle (Leobner Stückkohle und Ostrauer Nusskohle) verbrauchten.

Die Zusammensetzung derselben ist nach Professor F. Schwackhöfer's Analysen folgende:

Tabelle I.

Signatur	Leobner Stückkohle	Ostrauer Nusskohle
	Prozente	
In 100 Gewichtstheilen dieser Kohlenproben sind enthalten:		
Kohlenstoff	60,91	75,55
Wasserstoff	1,98	3,12
Stickstoff	0,71	0,46
Wasser, chemisch gebunden	20,23	12,80
„ hygroskopisch	9,92	2,44
Asche	6,25	5,63
Prozent-Gehalt an verbrennlichem Schwefel	0,53	0,60
Calorischer Werth, berechnet aus der Elementaranalyse nach der Formel: $\frac{8080\,C + 34462\,H + 2500\,S - 337\,W}{100}$	Calorien 5425	7098
Im Calorimeter direkt ermittelt	6013	7433

Die Feuchtigkeit der Kohle während des Versuches betrug:

Leobner Stückkohle	12,10 %
Ostrauer Nusskohle	12,65 %

woraus sich die Zusammensetzung der Kohlen für die Zeit des Versuches wie folgt berechnet:

	Leobner	Ostrauer
Kohlenstoff	59,44 %	67,65 %
Disponibler Wasserstoff	1,93 „	2,79 „
Stickstoff	0,69 „	0,41 „
Wasser, chemisch geb.	19,74 „	11,46 „
„ hygroskopisch	12,10 „	12,65 „
Asche	6,10 „	5,04 „
Summe	100,00 %	100,00 %
Gehalt an verbrennlichem Schwefel	0,52 „	0,53 „

Calorischer Werth, berechnet aus der Elementar-Analyse nach der Formel wie oben 5276,5 Cal. 6287,0 Cal.

Calorischer Werth aus der direkt im Calorimeter bestimmten Zahl auf den Wassergehalt umgerechnet nach der Gleichung:

$\frac{100\,P - 637\,(W - w)}{100 + W - w}$ . . . . . 5963 „ 6580 „

worin: P = direkt im Calorimeter ermittelter Heizwerth,
W = Wassergehalt der Kohle zur Versuchszeit,
w = der von Prof. Schwackhöfer ermittelte Wassergehalt der Kohle.

Aus vorerwähnten Angaben ergibt sich folgende mittlere Zusammensetzung der vergichteten Kohle:

Kohlenstoff	64,92%
Disponibler Wasserstoff	2,50 „
Stickstoff	0,50 „
Wasser, chemisch gebunden	14,22 „
„ hygroskopisch	12,42 „
Asche	5,44 „
Summe	100,00%
Gehalt an verbrennlichem Schwefel	0,52 „

Calorischer Werth, berechnet aus der mittleren Zusammensetzung der Kohle . . . . . 5950 Cal.

Calorischer Werth, berechnet nach Schwackhöfer's direkter Bestimmung . . . . . 6374 „

Differenz 424 Cal.

An Rostdurchfall erhielt man während des ganzen Versuches 642 kg von nachfolgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	71,48%
Asche	24,13 „
Wasser	4,39 „
Summe	100,00%

Das darin enthaltene Wasser stammt vom Ablöschen des Rostdurchfalles. Dies erfolgte nach Beendigung des Versuches, um ein weiteres Verbrennen des darin enthaltenen Kohlenstoffes möglichst zu vermeiden.

Die Zusammensetzung der Generatorgase, wie sie die einzelnen Gasanalysen ergaben, ist aus nachfolgender Tabelle II ersichtlich:

Tabelle II.

Bestandtheile	6h 30m bis 10h — m	10h 15m bis 12h — m	12h 15m bis 2h — m	2h 30m bis 3h 15m	3h 30m bis 4h 10m	Mittel
	3St.30Min.	1St.45Min.	1St.45Min.	0St.45Min.	0St.40Min.	
	in Volum-Prozenten					
CO^2	4,0	3,8	4,6	4,3	3,2	4,05
O^2	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,21
CO	25,82	26,03	26,31	25,89	26,11	26,00
CH^4	0,32	0,31	0,51	0,41	0,19	0,35
H^2	12,51	13,42	11,24	12,62	13,66	12,53
N^2	57,25	56,24	57,14	56,28	56,24	56,86
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Woraus nachstehende mittlere Zusammensetzung der Generatorgase nach Gewichts-Prozenten resultirt:

Kohlensäure	7,03 %
Sauerstoff	0,26 „
Kohlenoxyd	28,72 „
Methan	0,20 „
Wasserstoff	0,99 „
Stickstoff	62,80 „
Summe	100,00 %

Mittlere durchschnittliche Temperatur der Verbrennungsluft 23,7° C. relativer Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Mittel = 42 %, daher pro Cubikm. Luft 8,94 g Wasser[1]).

Mittlerer Barometerstand = 703 mm.

Mittlere Temperatur der Generatorgase (beim Austritt aus dem Generator gemessen) = 300° C.

β) Chemische Vorgänge im Generator.

Der Zweck der folgenden Rechnungen ist die Aufstellung einer Wärme-Bilanz, welche wir, um nicht die ganzen grossen Quantitäten mitschleppen zu müssen, sowie auch, um den Vergleich der Versuche unter einander zu erleichtern, auf eine Einheit, nämlich wie schon bei den früher angeführten Versuchsdaten, auf 100 kg gegichteter Kohle beziehen wollen. Hierzu ist es nöthig, vorerst ein klares Bild über die chemischen Vorgänge im Generator — eine faktische chemische Bilanz derselben — zu gewinnen.

Wir werden vor Allem die sub α) gegebenen Beobachtungsziffern auf 100 kg gegichtete Kohle umrechnen, die Menge der entwickelten Generatorgase, dann die für diese Menge Kohle zugetretene Quantität Verbrennungsluft und die von derselben mitgebrachte Menge Feuchtigkeit ermitteln und diese Resultate zur chemischen Bilanz zusammenstellen; hieran wird sich endlich die eigentliche Besprechung der einzelnen Phasen der chemischen Vorgänge im Generator schliessen.

Umrechnung der Versuchsdaten auf 100 Kilo gegichteter Kohle.

Die Zusammensetzung der 100 kg gegichteter Kohle ergibt sich aus oben gegebener Durchschnitts-Analyse.

Rostdurchfall: pro 2927 kg Kohle hatten wir 642 kg Rostdurchfall von voriger Zusammensetzung, somit pro 100 kg Kohle, wenn wir den vom Ablöschen herrührenden Wassergehalt unberücksichtigt lassen, 20,96 kg mit:

Kohlenstoff	15,77 kg
Asche	5,29 „
Summe	20,96 kg

Generatorgase: 100 kg Kohle enthalten 64,92 kg C.

[1]) Bei 24° Temperatur enthält der Cubikmeter mit Wasserdampf gesättigter Luft 21,3 g Wasser.

Die entsprechende Menge Kohlenstoff des Rostdurchfalles ist 15,67 kg, somit wurden 64,92 — 15,67 = 49,25 kg C. vergast.

100 kg trockene Generatorgase enthalten nach der bereits angegebenen Analyse folgende Elementarbestandtheile:

Tabelle III.

Generatorgase	C	O	H	N	Summe
Kohlensäure . CO^2	1,9173	5,1127	—	—	7,0300
Kohlenoxyd . CO	12,3086	16,4114	—	—	28,7200
Methan . . . CH^4	0,1500	—	0,0500	—	0,2000
Sauerstoff . . O^2	—	0,2600	—	—	0,2600
Stickstoff . . N^2	—	—	—	62,8000	62,8000
Wasserstoff . H^2	—	—	0,9900	—	0,9900
Summe . —	14,3759	21,7841	1,0400	62,8000	100,0000

Da nun, wie wir vorhin gesehen, von 100 kg Kohle 49,25 kg Kohlenstoff in die Generatorgase eintreten, so liefert dieses Kohlenquantum nach Tabelle III:

Kohlenstoff	49,25 kg
Sauerstoff	74,61 „
Wasserstoff	3,56 „
Stickstoff	215,15 „
zusammen . .	342,57 kg

trockenes Generatorgas.

Die Zusammensetzung des trockenen Generatorgases stellt sich folgendermassen:

Tabelle IV.

342,57 kg Generatorgas	C	O	H	N	Summe
CO^2	6,57	17,51	—	—	24,08
CO	42,16	56,21	—	—	98,37
CH^4	0,52	—	0,17	—	0,69
O^2	—	0,89	—	—	0,89
N^2	—	—	—	215,15	215,15
H^2	—	—	3,39	—	3,39
Summe . . .	49,25	74,61	3,56	215,15	342,57

Verbrennungsluft: Die Generatorgase enthalten 215,15 kg Stickstoff; nimmt man an, dass der gesammte Stickstoff der Kohle, 0,50 kg, in die Gase übergeht, was streng genommen nicht ganz richtig ist, so liefert die Verbrennungsluft 215,15 — 0,50 = 114,65 kg Stickstoff, woraus sich mit Zugrundelegung der mittleren Zusammensetzung der Luft nach

Jolly's Bestimmungen (77,2% N + 22,8% O) die Zusammensetzung und Menge der trockenen Verbrennungsluft ergibt:

Stickstoff	214,65 kg
Sauerstoff	63,39 „
Summe . .	278,04 kg

Ein Cubikmeter Luft wiegt bei 0° C. und 760 mm Barometerstand 1,2936 kg. Während des Versuches hatte die Verbrennungsluft eine mittlere Temperatur von 23,7° C. bei einem mittleren Barometerstand von 703 mm, woraus sich das dieser Temperatur und diesem Barometerstande entsprechende Luftgewicht pro Cubikmeter nach der Formel $G = \frac{1{,}252\,p}{1 + \alpha t}$ mit 1,104 kg berechnet; somit wurden pro 100 kg vergichteter Kohle 251,85 m³ Luft benöthigt. Ein Cubikmeter Luft enthält 0,00894 kg Wasser; es enthalten somit die 251,85 m³ Verbrennungsluft 2,25 kg Wasser; das Gewicht der feuchten Luft beträgt daher 278,04 + 2,25 = 280,29 kg.

Chemische Bilanz.

Tabelle V.

Elemente	Elementare Zusammensetzung						
	vergichtete Kohle	Rost-durchfall	vergaste Kohle[1])	Verbrenn-ungsluft	Summe	Generator-gas	Differenz
Kohlenstoff .	64,92	15,67	49,25	—	49,25	49,25	—
Sauerstoff .	23,68	—	23,68	56,39	89,07	74,61	+ 14,46
Wasserstoff .	5,46	—	5,46	0,25	5,71	3,56	+ 2,15
Stickstoff . .	0,50	—	0,50	214,65	215,15	215,15	—
Asche . . .	5,44	5,04	0,40[2])	—	0,40	—	—

Der Aschengehalt der vergichteten Kohle stellt sich pro 100 kg derselben auf 5,44 kg, während jener der entsprechenden Rostdurchfallmenge 5,29 kg beträgt; es zeigt sich somit ein Manko von 0,15 kg, welche offenbar ein Theil des verbrennlichen Schwefels (0,52 kg) sind.

Ist der nicht verflüchtigte Antheil des Schwefels im Rostdurchfalle als Sulfat (wahrscheinlich $Fe\,SO_4$) vorhanden geblieben, so wiegt die im Rostdurchfalle enthaltene Asche (5,29 kg) in Bezug auf die Asche der vergichteten Kohle (5,44 — 0,52 = 4,92) um 5,29 — 4,92 = 0,37 kg zu viel, welche nach unserer Annahme dem Radikal SO_4, Sulphuryl entsprechen und somit 0,12 kg Schwefel enthalten werden, während 0,52 — 0,12 = 0,40 kg Schwefel in die Gase gegangen sein müssen.

In der vorigen Zusammenstellung ist alles chemisch gebundene und hygroskopische Wasser, in seine Bestandtheile zerlegt, einbezogen.

Die chemischen Vorgänge im Generator werden folgende sein:

---

[1]) Inclusive hygroskopisches Wasser der Kohle.

[2]) Schwefel.

Im obersten Theil des Generators wird die Kohle ihr hygroskopisches Wasser verlieren, sie wird getrocknet werden; kommt dieselbe in die heisseren, tieferen Partien, so beginnt die trockene Destillation, als deren Produkte Gase, Cokes, Theer auftreten werden; ein Theil der gebildeten Cokes wird über dem Roste verbrannt und liefert die für vorerwähnte Vorgänge nöthige Wärme.

Wir beginnen nun mit der Besprechung der Verbrennung über dem Roste. Unmittelbar über dem Roste findet die vollkommene Verbrennung des C zu CO^2 statt; die aufsteigende CO^2 wird in den höheren Partien, in Berührung mit glühender Kohle, grösstentheils zu CO reduzirt werden; ebenso lässt sich annehmen, dass die Feuchtigkeit der Verbrennungsluft unter Bildung von CO und freiem H zerlegt wird; endlich wird ein Theil des Sauerstoffes, wie schon erwähnt, zur Bildung von Sulfaten dienen.

Da die Analyse der Generatorgase pro 100 kg Kohle 0,89 kg freien Sauerstoff aufweist, derselbe jedoch weder von der Verbrennung über dem Roste, noch von der trockenen Destillation herrühren kann, muss man annehmen, dass derselbe von in den Generator eingetretener und an den Prozessen unbetheiligter Luft stammt.

Es entspricht demselben 3,01 N und 0,03 H_2O, somit haben wir an Verbrennungsluft, welche unter dem Rost zugetreten ist:

Sauerstoff	63,39 — 0,89 =	62,50 kg
Stickstoff	214,64 — 3,01 =	211,63 „
Wasser	2,25 — 0,03 =	2,22 „
	Zusammen	276,35 kg

An Rostdurchfall:

Kohlenstoff	15,67 kg
Asche der Kohle, abzüglich des in die Generatorgase gegangenen Schwefels 5,44 — 0,40 =	5,04 „
Zur Asche getretener Sauerstoff (Bildung von Sulfaten)	0,25 „
Summe .	20,96 kg

Zur Berechnung der bei der trockenen Destillation gebildeten Cokesmenge müssen wir etwas weiter ausholen. Unter der später zu besprechenden Annahme, dass bei der trockenen Destillation nur CO und keine CO^2 gebildet werde, kommen wir zu folgenden Resultaten:

Der Wasserstoff und Sauerstoff der Kohle (sowie auch theilweise der Stickstoff) gehen in die Generatorgase. Hiervon sind nach der Gasanalyse

0,17 kg H an
0,52 „ C,

nach dem früher Gesagten

0,025 kg H an
0,40 „ S,

Tabelle VI.

Bestandtheile in Kilogrammen	Verbrennung über dem Roste									Trockene Destillation								an den chem. Vorgängen im Generator unbetheiligte Luft
	Cokes	Luft	Summe	geben						100 kg Kohle enthalten	geben							
				Rostdurchfall	Gase				zu viel in Gas- und Rostdurchfall		12,42 kg Wasserdampf	87,58 kg trockene Kohle						
					CO^2	CO	H	N			Cokes	Generatorgase						
												H^2O	CO	CH^4	H	NH^3	SH^2	
Asche . .	4,92	—	4,92	4,92	—	—	—	—	—	4,92	4,92	—	—	—	—	—	—	—
C	58,73	—	58,73	15,67	6,57	36,49	—	—	—	64,92	58,73	—	5,67	0,52	—	—	—	—
N	—	211,63	211,63	—	—	—	—	211,63	—	0,50	—	—	—	—	—	0,50	—	3,02
S	0,12	—	0,12	0,12	—	—	—	—	—	0,52	0,12	—	—	—	—	—	0,40	—
chem. gebd. H . .	—	0,25	0,25	—	—	—	0,25	—	—	2,50 + 1,58 = 4,08	—	0,635	—	0,17	3,14	0,11	0,025	—
H^2O O .	—	64,49	64,49	0,25	17,51	48,65	—	—	1,92	12,64	—	5,08	7,56	—	—	—	—	0,89
hygroskop. H^2O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,42	—	12,42	—	—	—	—	—	0,03
Summe .	63,77	276,37	340,14	20,96	24,08	85,14	0,25	211,63	1,92	100,00	63,77	18,135	13,23	0,69	3,14	0,61	0,425	3,94

und unter der Annahme, dass sämmtlicher N der Kohle in NH^3 überführt wird,

0,11 kg H an
0,50 „ N gebunden.

Die Generatorgase enthalten nach der Analyse 3,39 kg freien Wasserstoff, wovon nach dem Vorerwähnten 0,25 kg durch die Vorgänge über dem Roste geliefert wurden; es bleiben somit 3,14 kg H, welche von der trockenen Destillation stammen.

Der Rest des H der Kohle, nämlich 4,08 — 3,445 = 0,635 kg, wird mit 5,08 kg Sauerstoff zu H_2O verbunden sein, während der Rest des Sauerstoffes der Kohle, und zwar 12,64 — 5,08 = 7,56 kg nach dem oben Gesagten mit 5,67 kg C Kohlenoxyd gegeben haben muss; hieraus berechnet sich die gebildete Cokesmenge zu:

Asche		5,04 kg
Kohlenstoff	64,92 — 6,19 =	58,73 „
	Summe	63,77 kg

Sauerstoffmenge in den Generatorgasen und dem Rostdurchfall	91,01 kg
Sauerstoffmenge in der Kohle und Verbrennungsluft . . .	89,09 „
Sauerstoffüberschuss in den Generatorgasen und dem Rostdurchfall	1,92 kg

Hieraus ergibt sich die Zusammensetzung der Generatorgase pro 100 kg vergichteter Kohle:

Kohlensäure	24,08 kg
Kohlenoxyd	98,37 „
Methan	0,69 „
Wasserstoff	3,39 „
Ammoniak	0,61 „
Schwefelwasserstoff	0,425 „
Stickstoff	211,63 „
Unbetheiligte Luft	3,90 „
Wasser	18,165 „
Summe	361,260 kg

Zur weiteren Erklärung der Zahlen in Tabelle V und VI diene Folgendes:

Gehen wir auf die früher berechneten 0,40 kg Schwefel zurück, welche hauptsächlich als Schwefelwasserstoff in den Generatorgasen enthalten sein werden, so sind mit denselben 0,025 kg Wasserstoff verbunden.

Nimmt man an, dass der Stickstoff der Kohle vollständig in Ammoniak umgewandelt wurde, was zwar nicht strenge richtig ist, so sind hierzu 0,11 kg Wasserstoff erforderlich. Da die Voraussetzung ihre Berechtigung haben dürfte, dass sowohl der Wasserstoff des Schwefelwasserstoffes (0,025 kg), als der des Ammoniaks (0,11 kg) dem disponiblen Wasserstoffe der Kohle entstammt, so müssen wir diese Wasserstoff-

menge (0,025 + 0,11 = 0,135 kg) von den in Tabelle V als Manko in den Generatorgasen nachgewiesenen 2,15 kg Wasserstoff abziehen; es bleiben somit 2,015 kg Wasserstoff, die mit 16,12 kg ⊖ zu 18,14 kg Wasser verbunden sein werden.

Nach Tabelle V weisen wir jedoch bloss 14,46 kg Sauerstoff, die für diesen Fall disponibel sind, nach, es wird daher ein Sauerstoffüberschuss in den Gasen von 16,12 — 14,46 = 1,66 kg resultiren. Hierzu müssen wir noch die 0,25 kg Sauerstoff des Rostdurchfalles (Tabelle VI) zuschlagen und erhalten somit einen Gesammt-Sauerstoff-Ueberschuss der Gase von 1,91 kg, was genau mit dem in Tabelle VI ausgewiesenen übereinstimmt.

Bemerken wir noch, dass von einer analytischen Bestimmung von Ammoniak, Cyan etc. abgesehen wurde, da die Menge dieser Verbindungen eine sehr geringe ist und daher die Beobachtungsfehler bei diesen Bestimmungen verhältnissmässig gross ausgefallen wären. Ueberdies ergaben frühere Versuche bei einem Generator, bei welchem in 24 Stunden 6515 kg Braunkohlen vergichtet wurden, in dieser Zeit 22,46 kg NH_3 oder pro 100 kg Kohle 0,344 kg NH_3 (gegen 0,61 kg unseres Falles).

Die Sauerstoffmenge von 1,91 kg vereinigt sämmtliche Beobachtungsfehler in sich, dürfte ausserdem kleiner werden, wenn wir die stattfindende Theerbildung, welche gerade nicht der kleinste Fehler sein dürfte (bei einem ähnlichen Generator ist seiner Zeit eine Bestimmung der Theermenge durchgeführt worden, welche im Mittel 0,8 % des vergichteten Kohlengewichtes exclusive Theerwasser ergab; Rudolf Wagner gibt in seiner Technologie die Theermenge mit 3 % im Durchschnitte an), berücksichtigen könnten.

Es dürfte hier am Platze sein, auf eine Arbeit von Friedrich C. G. Müller (Einige Beobachtungen über die Bildung von Ammoniak bei der trockenen Destillation der Steinkohlen) zu verweisen. Die Chemiker-Zeitung Nr. 7 von 1888 führt darüber Folgendes an: „Bei der Zersetzung der Steinkohle sind zwei Perioden deutlich unterscheidbar: In einer ersten, der eigentlichen Destillationsperiode, entwickeln sich bei der verhältnissmässig niederen Temperatur von 500 bis 600° stark leuchtende Gase, Wasserdampf und Theer, wobei die Steinkohle sich aufbläht und Cokes bildet. In der zweiten Periode, in welcher die Temperatur zur hellen Rothgluth gesteigert wird, geben die Cokes — eine Volumverminderung erleidend — selbst neue Gase ab, deren Volumen beinahe 1/3 des gesammten Gasvolumens beträgt, welche übrigens nicht von Theer begleitet sind und nur mit schwach leuchtender Flamme brennen. — Der Cokes, welcher am Ende der ersten Periode zurückbleibt, ist keineswegs, wie vielfach angenommen wird, mit Mineralstoffen verunreinigter Kohlenstoff, sondern wahrscheinlich ein Gemenge sehr fester Kohlenstoffverbindungen, deren Zusammensetzung ungefähr der Formel $C^{15}H^4O$ entspricht. Dieser Stoff wird nun in der zweiten Periode unter Glühhitze weiter zersetzt, aber selbst in der Weissgluth

gelingt die völlige Austreibung der letzten Reste von O, H und N nicht. Wenn grössere Mengen Steinkohlen in rothglühende Entgasungsräume gebracht werden, finden beide Prozesse nebeneinander statt. Man würde sie beide, die Steinkohlen- und Cokeszersetzung im Grossen von einander trennen können, wenn man doppelte Oefen derart einrichten würde, dass die einen nur auf 600° erhitzt und zur Austreibung des Theeres dienten, während die anderen in lebhafter Rothgluth ständen und die in den ersteren gebildeten Cokes zu entgasen hätten. Eine solche Trennung kann unter Umständen praktische Vortheile bieten.

Die vom Verfasser mittelst eines eigens hierzu hergestellten Apparates im Kleinen ausgeführten Versuche bestätigen zunächst die bekannte Thatsache, dass sich in den Zersetzungsprodukten der Steinkohle nur $^1/_5$ des vorhandenen Stickstoffes in Gestalt von NH^3 oder Ammoniakverbindungen vorfindet, sie ergaben ausserdem das wichtige Resultat, dass die Hauptmenge des Ammoniak nicht in der ersten Periode zugleich mit dem Theer, sondern beim Beginn der Cokeszersetzung auftritt. Es betrug beispielsweise bei den

Proben	das gewonnene NH^3 in der I. Periode	II. Periode
Nr. 1	0,065	0,267
„ 2	0,059	0,144
„ 3	0,108	0,145
„ 4	0,120	0,178
„ 5	0,063	0,183
„ 6	0,056	0,242

(„Stahl und Eisen.“ 1888. 8. 82.)

Wir haben in unseren Betrachtungen, wo wir beide Cokesbildungsperioden Müller's in eine zusammenzogen, angenommen, dass der ganze N der Kohle in NH^3 verwandelt worden wäre, was nach dem Vorstehenden nicht genau richtig ist. Nach Müller's Ansicht dient bloss $^1/_5$ des ganzen N, also in unserem Falle nur 0,10 kg N zur Ammoniakbildung, wir hätten demnach hierfür 0,02 kg H gegen 0,11 kg H dazu verbraucht, hätten daher von dem in Tabelle V ausgewiesenen Wasserstoffmanco von 2,15 kg die 0,02 kg H des NH^3, sowie die 0,025 kg des H^2S, zusammen 0,045 kg in Abzug zu bringen, wodurch sich das Wasserstoffmanco auf 2,105 kg reduziren würde. Dem entspricht 16,84 kg Sauerstoff zur Wasserbildung; es würde sich somit das Sauerstoffmanco der Tabelle V in einen Sauerstoffüberschuss in den Generatorgasen von $16{,}84 - 14{,}46 = 2{,}38$ kg umwandeln.

Nehmen wir an, dass der Kohlenstoff unseres Rostdurchfalles die Zusammensetzung $C^{15}H^4O$, wie Müller sie für nicht vollständig vergaste Cokes angibt, hätte, was bezüglich des Sauerstoffes und Wasserstoffes jedenfalls zu hoch gegriffen ist, so enthielte derselbe

14,10 kg Kohlenstoff,
1,25 „ Sauerstoff,
0,32 „ Wasserstoff,
15,67 kg verbrennliche Stoffe des Rostdurchfalles.

Dadurch würde die Kohlenstoffmenge des Rostdurchfalles um 1,57 kg kleiner werden, welche Menge eigentlich zur vergasten Kohle zuzuschlagen wäre. Greifen wir auf vorerwähnte Angaben der Theerbildung zurück, so finden wir die Zahlen 0,8 % der vergasten Kohle nach eigenen früheren Bestimmungen, und 3 % nach Wagner's Technologie als gebildete Theermenge. Das Mittel dieser Zahlen, 1,9 %, in unsere Rechnungen einbezogen, unter Zugrundelegung der Zusammensetzung des Theeres von etwa 80 Gewichtsproz. C und 20 Gewichts-Proz. H, würde die Annahme gestatten, dass der fehlende Kohlenstoff im Rostdurchfalle gerade der im Theer enthaltenen Kohlenstoffmenge entspräche (1,57 kg C + 0,39 kg H = 1,96 kg Theer). Der H muss aber in den Gasen fehlen; es reduzirt sich somit unser früheres Wasserstoffmanco von 2,105 kg auf 1,715 kg und verwandelt sich daher der Sauerstoffüberschuss von 2,38 kg in ein Sauerstoffmanco in den Generatorgasen von 3,12 — 2,38 = 0,74 kg, welche Sauerstoffmenge dem im Rostdurchfall zu findenden Sauerstoffgehalte von 1,25 kg entsprechen sollte. Der Gesammtfehler unserer chemischen Bilanz wird sich somit auf 1,25 — 0,74 = 0,51 kg Sauerstoffüberschuss in den Generatorgasen stellen, welcher sich noch weiter reduziren liesse, da ja 0,50 — 0,10 = 0,40 kg N aus der Kohle, statt aus der Verbrennungsluft stammen. Wir glauben, durch das Bisherige schon gezeigt zu haben, dass die anscheinend grosse Sauerstoffdifferenz in Tabelle V recht gut zu motiviren ist.

Firle fand in ungereinigtem Leuchtgas aus Berlin 7,21 Volum-Proz. CO und 3,72 Volum-Proz. CO_2. Nach einer anderen Quelle ergaben jedoch 100 kg westphälische Kohlen bei der trockenen Destillation in der

		m³			Vol.-Proz.			Vol.-Proz.	
1.	Stunde	12,4	Gas	mit	0,5	CO^2	und	3,57	CO
2.	„	8,5	„	„	0,5	„	„	4,27	„
3.	„	4,8	„	„	0,5	„	„	2,46	„
4.	„	1,3	„	„	—	„	„	1,69	„
Im Ganzen		27,0	Gas	mit	0,475	CO^2	und	3,502	CO

Geht man von der Annahme aus, dass die Destillationsgase auf 2 Volum CO 1 Volum CO^2 enthalten hätten, so ergäbe das ein Gewichtsverhältniss von:

$$\frac{2 \times 7}{1 \times 11} = \frac{14}{11} = \frac{\text{Kohlenoxyd.}}{\text{Kohlensäure.}}$$

Um einen recht hohen Kohlensäurewerth, also einen recht grossen Fehler zu erhalten, wollen wir im Folgenden das Gewichtsverhältniss $\frac{CO}{CO^2} = 1$ setzen.

Wir haben in der obigen Tabelle angenommen, dass bei der trockenen Destillation von 100 kg Kohle 13,23 kg CO mit 5,67 kg C und 7,56 kg O entwickelt worden wären. Hätte mit derselben Sauerstoffmenge CO^2 und CO in gleichen Gewichtsmengen gebildet werden sollen, so hätten entstehen müssen:

		Kohlenstoff	Sauerstoff
5,82 kg	Kohlenoxyd mit	2,50 kg	3,32 kg
5,82 „	Kohlensäure „	1,58 „	4,24 „
d. i. 11,64 kg	$CO^2 + CO$ mit	4,08 kg	7,56 kg

Wir hätten also gegen früher das Gewicht des bei der trockenen Destillation der Kohle in Form von Kohlensäure und Kohlenoxyd entweichenden Kohlenstoffes um 1,59 kg kleiner gefunden. Würde man statt dem früher angenommenen Verhältnisse $\frac{CO}{CO_2} = 1$, welches aussergewöhnlich hoch wäre, die bei unserem Versuche thatsächlich existirende Verhältnisszahl aus der Analyse der Generatorgase $\frac{28,72}{7,03} = 4,09$ in Rechnung ziehen, so würde der vorhin gerechnete Fehler von 1,59 kg auf den verschwindenden Fehler von 0,39 kg herabsinken.

Wir wollen hier noch beifügen, dass es für die späteren Berechnungen ziemlich gleichgiltig ist, ob man als Resultat der trockenen Destillation in den dabei entstehenden Gasen $CO + CO^2$ oder nur CO allein annimmt, da doch schliesslich immer die durch die Gasanalyse ermittelte Zusammensetzung der Generatorgase massgebend sein wird.

Greifen wir nochmals auf unseren Sauerstoffüberschuss von 1,92 kg (Tabelle VI) zurück, welcher, wie schon erwähnt, die Summe sämmtlicher Beobachtungsfehler in sich vereinigt, so erscheint derselbe bei Berücksichtigung der ganzen Gasquantität, auf welche er, da der fragliche Sauerstoff einen Gasbestandtheil bildet, bezogen werden muss, verschwindend:

		Vol.-Proz.	Gew.-Proz.
Gesammt-Gasmenge	361,26 kg . . .	100	100
Sauerstoffdifferenz	1,92 „ . . .	0,45	0,53

Hätten wir statt der gewählten Luftzusammensetzung nach Jolly's Bestimmungen ein anderes Verhältniss N : O angenommen, so wäre die Sauerstoffdifferenz möglicherweise kleiner geworden. Bei der Annahme, dass die ganze Sauerstoffdifferenz auf die gewichtsprozentische Luftzusammensetzung zurückzuführen wäre, würde sich das Verhältniss N : O mit 76,68 : 23,32 berechnen. Auch daraus ist zu ersehen, dass dieser Gesammtfehler ein relativ kleiner zu nennen ist; Gruner z. B. nimmt bei seinen Berechnungen ein Verhältniss 76,9 : 23,1 an, und würde sich bei dieser Annahme die Sauerstoffdifferenz unseres Versuches von 1,92 kg auf 0,85 kg reduziren.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme:

a) durch Kohlensäurebildung:

$6{,}57 \times 8080$ . . . . . = 53 085,6 Cal.

b) durch Kohlenoxydgasbildung:

$42{,}16 \times 2473$ . . . . . = 104 261,7 „

c) durch Methanbildung:

$\frac{0{,}17 \times 5500}{4}$ . . . . . = 234,0 „

d) durch Ammoniakbildung:

$\frac{0{,}11 \times 3963}{3}$ . . . . . = 145,3 „

e) durch Schwefelwasserstoffbildung:

$\frac{0{,}025 \times 4510}{2}$ . . . . . = 56,4 „

f) aus dem Wasserstoff der Kohle gebildetes Wasser:

$0{,}635 \times 34\,462$ . . . . . = 21 883,4 „

Summe 179 666,4 Cal.

2. durch die Kohle zugeführte Wärme:

$23{,}7^0 \times 0{,}221 \times 100$ . . . . . = 523,8 „

3. durch die Luft zugeführte Wärme:

$23{,}7^0 \times 0{,}238 \times 280{,}31$ . . . . . = 1 581,1 „

4. durch den Wassergehalt der Luft zugeführte Wärme:

$2{,}25 \times [(23{,}7 \times 0{,}481) + 536{,}5]$ . . . = 1 233,0 „

Gesammte produzirte Wärme = 183 004,3 Cal.

II. Wärmeverluste.

1. Wärmeentgang durch den etwa 500° warmen Rostdurchfall:

$500 \times 0{,}221 \times 20{,}96$ . . . . . = 2 316,1 Cal.

2. durch die Generatorgase entführte Wärme:

	Gewicht	spec. W.	W. C.
CO^2	24,08	× 0,217 =	5,225
CO	98,37	× 0,245 =	24,101
CH^4	0,69	× 0,593 =	0,409
O^2	0,89	× 0,218 =	0,194
N^2	214,65	× 0,244 =	52,375
H^2	3,39	× 3,409 =	11,557
NH^3	0,61	× 0,508 =	0,310
H^2S	0,425	× 0,243 =	0,103

$94{,}274 \times 300^0$. = 28 282,2 Cal.

3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase:

	Gewicht	
α) hygroskopisches Wasser aus der Kohle	12,42 kg	
β) aus dem H der Kohle gebildetes H^2O	5,715 „	
γ) Wasser (unzersetzt) aus der Luft	0,03 „	
Zusammen	18,165 kg	
$18{,}165 \times [536{,}5 + (300 \times 0{,}481)]$ . .		= 12 346,3 Cal.

4. durch Wasserzersetzung:

$0{,}25 \times 34\,462$ . . . . . = 8 615,5 „

Gesammte verlorene Wärme 51 560,1 Cal.

5. Strahlungsverlust und Vergasungswärme der Kohle:

Gesammte produzirte Wärme . . .	= 183 004,3 „
„ verlorene „ . . .	= 51 560,1 „
Strahlungsverlust und Vergasungswärme der Kohle im Generator	= 131 444,2 Cal.
Vergasungswärme dieser Kohle nach späterer Ermittlung pro 100 kg Kohle . .	= 36 553,5 „
Somit der Strahlungsverlust	= 94 890,7 Cal.

III. Nichtproduzirte Wärme.

1. Wärmeleistungsfähigkeit der Generatorgase:

CO zu CO^2	$= 98{,}37 \times 2\,403$	= 236 383,1 Cal.
CH^4 „ CO^2 u. H^2O	$= 0{,}69 \times 13\,063$	= 9 013,5 „
H^2 „ H^2O	$= 3{,}39 \times 34\,462$	= 116 826,2 „
H_2S „ H_2O u. SO^2	$= [0{,}025 \times 34\,462 + 0{,}40 \times 2500 - \frac{0{,}025 \times 4510}{2}]$	= 1 805,2 „
		364 028,0 Cal.

2. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles verlorene Wärme:

$15{,}67 \times 8080$ . . . . . = 126 613,6 „

Gesammte nichtproduzirte Wärme . = 490 641,6 Cal.

Hieraus ergibt sich folgende Wärme-Bilanz:

Wärme-Bilanz.

Tabelle VII.

Wärmeproduktion und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen		Wärmeverluste und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
I. Wärmeproduktion.					II. Wärmeverluste.				
1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme	179 666,4	26,67			1. Wärmeentgang durch den Rostdurchfall	2 316,1	0,34		
2. Durch Kohle und Luft zugeführte Wärme	3 337,9	0,49	183 004,3	27,16	2. Durch die Generatorgase entführte Wärme . . .	28 282,0	4,20		
III. Nichtproduzirte Wärme.					3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase .	12 346,3	1,83		
					4. Durch Wasserzersetzung .	8 615,5	1,28		
1. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles . . .	126 613,6	18,79			5. α) Strahlungsverlust . .	94 890,7	14,09		
2. Wärme-Leistungsfähigkeit der Generatorgase . . .	364 028,0	54,05	490,641,6	72,84	β) Vergasungswärme der Kohle	36 553,5	5,42	183 004,3	27,16
					III. Nichtproduzirte Wärme.				
					Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles	—	—	126 613,6	18,79
								309 617,9	45,95
					Wärmegewinn	—	—	364 028,0	54,05
			673 645,9	100,00				673 645,9	100,00

Bestimmung der Vergasungswärme der Kohle.

Theoretischer Brennwerth von 100 kg Kohle	637 400,0 Cal.	
durch Kohle und Luft zugeführte Wärme	3 337,9 „	640 737,9 Cal.
Wärmeverlust durch Ammoniakbildung, Verbrennungswärme des H in NH^3	3 790,8 Cal.	
Bildungswärme des Ammoniaks .	145,3 „	3 645,5 „
		637 092,4 Cal.

Hieraus berechnet sich die Vergasungswärme von 100 kg Kohle: 673645,9 — 637092,4 = 36553,5 Cal. oder pro Kilo Kohle 365,5 Cal.

In der „Chemikerzeitung", 1887, Nr. 50 (Generator-Studien von Hanns v. Jüptner), wurde die Vergasungswärme der Kohle auf andere Art gefunden zu:

Zersetzungswärme der Kohle . . .	290,60 Cal.	
Mechan. Energie bei d. Gasentwicklung	42,02 „	332,62 Cal.

also fast genau wie oben.

Hierzu ist dort noch die hier nicht zu berücksichtigende Wärmemenge, welche zur Erwärmung der Kohle bis zur Vergasungswärme aufgewendet wird, mit 133,20 Cal. gerechnet.

Versuch 3.

(Um uns kürzer zu halten, werden wir bei diesem Versuche grösstentheils bloss die Resultate der Berechnungen anführen, da die Art der Berechnung im Versuch 2 schon gegeben wurde.)

α) Allgemeines.

Während des Versuches standen 3 Generatoren in Betrieb, welche während der Versuchsdauer (10h 30m) 1980 kg Kohle (Leobner Stückkohle und Ostrauer Nusskohle), von gleicher Zusammensetzung wie oben, verbrauchten.

Die Feuchtigkeit der Kohle während des Versuches betrug:

Leobner Stückkohle	3,56%
Ostrauer Nusskohle	3,76 „

woraus sich die Zusammensetzung der Kohlen für die Zeit des Versuches berechnet:

	Leobner	Ostrauer
Kohlenstoff	64,54%	75,32%
Disponibler Wasserstoff . .	2,10 „	3,11 „
Stickstoff	0,75 „	0,46 „
Wasser, chemisch gebunden	21,43 „	12,76 „
„ hygroskopisch . .	3,56 „	3,76 „
Asche	7,62 „	4,59 „
Summe	100,00%	100,00%
Gehalt an verbrennlichem Schwefel	0,55 „	0,60 „

Calorischer Werth aus der direkt im Calorimeter bestimmten Zahl, auf den Wassergehalt umgerechnet . . . . . 6467 Cal. 6998 Cal.

Aus vorerwähnten Angaben ergibt sich nachstehende mittlere Zusammensetzung der vergichteten Kohle:

Kohlenstoff	66,50%
Disponibler Wasserstoff	2,28 „
Stickstoff	0,70 „
Wasser, chemisch gebunden . . .	19,85 „
„ hygroskopisch	3,60 „
Asche	7,07 „
Summe	100,00%
Gehalt an verbrennlichem Schwefel	0,56 „

Calorischer Werth, berechnet nach Schwackhöfer's direkter Bestimmung . . . . . 6563 Cal.

An Rostdurchfall erhielt man während des ganzen Versuches 525 kg von nachstehender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	73,06%
Asche	25,32 „
Wasser	1,62 „
Summe	100,00%

Das darin enthaltene Wasser stammt vom Ablöschen des Rostdurchfalles, welches ebenso wie früher nach Beendigung des Versuches erfolgte, um eine weitere Verbrennung des darin enthaltenen Kohlenstoffes möglichst zu vermeiden.

Die Generatorgase wurden in 3 Intervallen, und zwar zu 2h 30m, 2h 45m und 2h 0m angesaugt; die durchschnittliche volumprozentische Zusammensetzung war folgende:

Kohlensäure	3,81%
Sauerstoff	0,98 „
Kohlenoxyd	23,82 „
Methan	0,42 „
Wasserstoff	8,75 „
Stickstoff	62,22 „
Summe	100,00%

Die durchschnittliche gewichtsprozentische hingegen:

Kohlensäure	6,37%
Sauerstoff	1,20 „
Kohlenoxyd	25,34 „
Methan	0,25 „
Wasserstoff	0,66 „
Stickstoff	66,18 „
Summe	100,00%

Mittlere durchschnittliche Temperatur der Verbrennungsluft = 26,8° C.

Relativer Feuchtigkeitsgehalt der Luft Mittel = 58,5%, daher pro m^3 14,68 g Wasser[1]).

Mittlerer Barometerstand 716,7 mm.

Mittlere Temperatur der Generatorgase (beim Austritt aus dem Generator gemessen) = 279° C.

β) Chemische Vorgänge im Generator.

Die Umrechnung der sub α) gegebenen Versuchsdaten pro 100 kg gegichteter Kohle liefert folgende Zahlen:

Rostdurchfall:	Kohlenstoff	19,37 kg
	Asche	6,71 „
	Summe	26,08 kg

Generatorgase: 100 kg Kohle enthalten 66,50 kg Kohlenstoff, die entsprechende Menge des Rostdurchfalles ist 19,37 kg, somit wurden 66,50 — 19,37 = 47,13 kg C vergast.

Die 100 kg Kohle entsprechende Menge trockener Generatorgase berechnet sich hieraus, mit Zuhilfenahme der Gasanalyse:

Kohlenstoff	47,13 kg
Sauerstoff	74,87 „
Wasserstoff	2,66 „
Stickstoff	243,98 „
Zusammen	368,64 kg

oder in ihre Bestandtheile zerlegt:

Tabelle VIII.

368,64 kg Generatorgase	C	O	H	N	Summe
CO^2	6,40	17,08	—	—	23,48
CO	40,03	53,37	—	—	93,40
CH^4	0,70	—	0,22	—	0,92
O^2	—	4,42	—	—	4,42
N^2	—	—	—	243,98	243,98
H^2	—	—	2,44	—	2,44
Summe .	47,13	74,87	2,66	243,98	368,44

Verbrennungsluft (trocken):

Stickstoff	243,28	kg
Sauerstoff	71,85	„
	315,13	kg
Feuchtigkeitsgehalt der Luft	4,160	„ Wasser
Das Gewicht der feuchten Luft beträgt daher:	319,290	kg

[1]) Bei 27° C. Temperatur enthält der Cubikmeter mit Wasserdampf gesättigter Luft 25,1 g Wasser.

Chemische Bilanz.

Tabelle IX.

Elemente kg	Elementare Zusammensetzung kg						
	vergichtete Kohle	Rost-durchfall	vergaste Kohle [1])	Verbrennungsluft	Summe	Generatorgas	Differenz
Kohlenstoff . .	66,50	19,37	47,13	—	47,13	47,13	—
Sauerstoff . .	20,84	—	20,84	75,55	96,39	74,87	+ 21,52
Wasserstoff .	4,89	—	4,89	0,46	5,35	2,66	+ 2,69
Stickstoff . .	0,70	—	0,70	243,28	243,98	243,98	—
Asche . . .	7,07	6,71	0,36	—	0,36	—	—

Der Aschengehalt der vergichteten Kohle stellt sich pro 100 kg derselben auf 7,07 kg, während jener der entsprechenden Rostdurchfallmenge 6,71 kg beträgt.

Die Differenz $7{,}07 - 6{,}71 = 0{,}36$ kg entspricht offenbar einem Theile des verbrennlichen Schwefels (0,56 kg).

Nehmen wir, wie früher, an, dass der nicht verflüchtigte Antheil des verbrennlichen Schwefels als $FeSO_4$ im Restdurchfalle zurückbleibe, so wiegt die im Rostdurchfalle enthaltene Asche (6,71 kg) in Bezug auf die Asche der vergichteten Kohle abzüglich des verbrennlichen Schwefels ($7{,}07 - 0{,}56 = 6{,}51$) um (6,71 — 6,51, das ist) 0,20 kg zu viel, diese entsprechen somit dem Radicale Sulphuryl und enthalten 0,07 kg S und 0,13 kg O; es können daher nur $0{,}56 - 0{,}07 = 0{,}49$ kg S in die Gase gegangen sein.

Wir erhalten demnach:

An Rostdurchfall:

Kohlenstoff	19,37 kg
Asche der Kohle, abzüglich des in die Generatorgase gegangenen Schwefels $7{,}07 - 0{,}49 =$	6,58 „
Zur Asche getretener Sauerstoff . . .	0,13 „
Summe	26,08 kg

An Schwefelwasserstoff enthalten die Generatorgase:

Schwefel	0,49 kg
Wasserstoff	0,03 „
Zusammen	0,52 kg

und an Ammoniak, wenn zur Bildung desselben sämmtlicher N der Kohle verwendet wurde:

Stickstoff	0,70 kg
Wasserstoff	0,15 „
Zusammen	0,85 kg

[1]) Inclusive hygroskopisches Wasser.

oder, wenn nach Müller nur $^1/_5$ des Stickstoffes verwendet wurde:

Stickstoff	0,14 kg
Wasserstoff	0,03 „
Zusammen	0,17 kg

Von den 2,44 kg freien Wasserstoffes der Generatorgase sind 0,43 kg Wasserstoff durch Zersetzung der Luftfeuchtigkeit ober dem Roste gebildet worden; es stammen somit 2,01 kg Wasserstoff von der trockenen Destillation. Der Rest des Wasserstoffes der Kohle, abzüglich des zu Methan gebundenen, $4{,}49 - (0{,}03 + 0{,}15 + 2{,}01 + 0{,}22) = 2{,}14$ kg wird mit 17,12 kg Sauerstoff 19,26 kg Wasser geben, während der Rest des Sauerstoffes der Kohle, $17{,}64 - 17{,}12 = 0{,}52$ kg mit 0,39 kg Kohlenstoff zu 0,91 kg Kohlenoxyd verbunden sein wird.

Cokesmenge:

Asche	6,58 kg
Kohlenstoff $66{,}50 - (0{,}39 + 0{,}70) =$	65,41 „
Zusammen =	71,99 kg

Sauerstoffmenge in Generatorgasen und Rostdurchfall	92,34 kg
Sauerstoffmenge in Kohle und Verbrennungsluft . .	93,19 „
Sauerstoffmanco in Generatorgasen und Rostdurchfall	0,85 kg

Hieraus ergibt sich die Zusammensetzung der Generatorgase pro 100 kg vergichteter Kohle:

Kohlensäure	23,48 kg
Kohlenoxyd	93,40 „
Methan	0,92 „
Wasserstoff	2,44 „
Ammoniak	0,85 „
Schwefelwasserstoff . .	0,52 „
Stickstoff	228,31 „
Unbetheiligte Luft . .	19,39 „
Wasser	23,11 „
Summe	392,42 kg

Würde man (nach Müller) annehmen, dass nur ein Fünftel des Stickstoffes der Kohle als Ammoniak in die Gase ginge, so würden hiedurch $0{,}15 - 0{,}03 = 0{,}12$ kg Wasserstoff disponibel werden, welche mit 0,96 kg Sauerstoff zu Wasser verbunden sein müssten. Hiedurch würde sich der Wassergehalt der Generatorgase von 19,51 auf 20,59 kg erhöhen und somit der Sauerstoffmanco in Generatorgasen und Rostdurchfall (0,85 kg) in einen Sauerstoffüberschuss von 0,11 kg umwandeln.

Würde man ferner, wie früher, dem verbrennlichen Antheile des Rostdurchfalles die Zusammensetzung $C_{15}\,H_4\,O$ geben, so enthielte derselbe

17,43 kg	Kohlenstoff,
1,55 „	Sauerstoff,
0,39 „	Wasserstoff,
19,37 kg	

Tabelle X.

Bestandtheile in Kilogrammen	Verbrennung über dem Roste									Trockene Destillation								
				gegeben							gegeben							
					Gase						3,60 kg Wasserdampf	96,40 kg trockene Kohle						
												Generatorgase						
	Cokes	Luft	Summe	Rostdurchfall	CO^2	CO	H	N	zu wenig in Gas- und Rostdurchfall	100 kg Kohle enthalten	Cokes	H^2O	CO	CH^4	H	NH^3	SH^2	an den chem. Vorgängen im Generator nicht betheiligte Luft
Asche . .	6,51	—	6,51	6,51	—	—	—	—	—	6,51	6,51	—	—	—	—	—	—	—
C	65,41	—	65,41	19,37	6,40	39,64	—	—	—	66,50	65,41	—	0,39	0,70	—	—	—	—
N	—	228,31	228,31	—	—	—	—	228,31	—	0,70	—	—	—	—	—	0,70	—	14,97
S	0,07	—	0,07	0,07	—	—	—	—	—	0,56	0,07	—	—	—	—	—	0,49	—
chem. gebd. . . . H	—	0,43	0,43	—	—	—	0,43	—	—	4,49	—	2,14	—	0,22	2,01	0,15	0,03	—
H^2O O .	—	70,91	70,91	0,13	17,08	52,85	—	—	0,85	17,64	—	17,12	0,52	—	—	—	—	4,42
hygroskop. H^2O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,60	—	3,60	—	—	—	—	—	0,25
Summe .	71,99	299,65	371,64	26,08	23,48	92,49	0,43	228,31	0,85	100,00	71,99	22,86	0,91	0,92	2,01	0,85	0,52	19,64

Hierdurch würde die Kohlenstoffmenge des Rostdurchfalles um 1,94 kg kleiner werden, welche nach unserer Annahme beim vorigen Versuche mit 0,49 kg Wasserstoff als Theer (2,43 kg) in Rechnung zu setzen wären. Wir hätten somit um 0,49 kg Wasserstoff, also auch um 3,92 kg Sauerstoff oder 4,41 kg Wasser weniger in den Gasen, dafür aber um 1,55 kg Sauerstoff mehr im Rostdurchfalle, wodurch sich unser Sauerstoffüberschuss von 0,11 kg neuerdings in ein Sauerstoffmanco von 2,37 — 0,11 = 2,26 kg verwandeln würde.

Wäre jedoch die gebildete Theermenge wie im vorigen Versuche zu 1,96 % der Kohlenmenge angenommen worden, so würden wir im Theere nur 1,57 kg C + 0,39 kg H haben. Diesem Wasserstoffe entsprächen aber 3,12 kg Sauerstoff und wir hätten somit einen Sauerstoffmanco von 3,12 — (1,55 — 0,11) = 1,46 kg. — Gleichzeitig müssten aber auch um 1,94 — 1,57 = 0,37 kg C mehr vergast worden sein, wodurch sich der Sauerstoff der Generatorgase um $92{,}11 \times \frac{0{,}37}{47{,}13} = 0{,}72$ kg erhöhen würde.

Andererseits würde sich der Sauerstoff der Luft um $75{,}55 \times \frac{0{,}37}{47{,}13}$ = 0,59 kg erhöhen. Wir hätten somit:

Sauerstoff im Generatorgas und Rostdurchfalle	
92,34 + 0,72 + 1,55 . . . . . =	94,61 kg
Sauerstoff in Kohle und Verbrennungsluft	
93,19 + 0,59 . . . . . =	93,78 „
Sauerstoffüberschuss im Generatorgas und Rostdurchfalle	0,83 kg
Sauerstoff des Wassers, entsprechend der Reduktion des Ammoniaks auf 1/5 . . . . . =	0,96 „
Sauerstoffüberschuss in Gasen und Rostdurchfall . . .	1,79 kg
Sauerstoff (entsprechend dem Wasserstoff des Theeres) ab	3,12 „
Sauerstoffmanco in Gasen und Rostdurchfall	1,33 kg

oder etwa 0,4 % der Generatorgasmenge als Gesammtfehler.

In Versuch 2 haben wir einen Sauerstoffüberschuss von 0,53 % ausgewiesen, es dreht sich daher die Fehlergrenze dieser Versuche um etwa ± 1/2 %.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion:

1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme:

a) durch Kohlensäurebildung:	
6,40 × 8080 . . . . . =	51 712,0 Cal.
b) durch Kohlenoxydbildung:	
40,03 × 2473 . . . . . =	98 994,2 „
	150 706,4 Cal.

Uebertrag = 150 706,4 Cal.

c) durch Methanbildung:

$\frac{0{,}22 \times 5500}{4}$ . . . . . = 302,5 „

d) durch Ammoniakbildung:

$\frac{0{,}15 \times 3963}{3}$ . . . . . = 198,2 „

e) durch Schwefelwasserstoffbildung:

$\frac{0{,}03 \times 4510}{2}$ . . . . . = 67,7 „

f) aus dem Wasserstoff der Kohle gebildetes Wasser:

$2{,}14 = 34\,462$ . . . . . = 73 748,7 „

Summe = 225 023,3 Cal.

2. durch die Rolle zugeführte Wärme:

$26{,}8 \times 0{,}221 \times 100$ . . . . . = 592,3 Cal.

3. durch die Luft zugeführte Wärme:

$26{,}8 \times 0{,}238 \times 315{,}13$ . . . . . = 2 016,8 „

4. durch den Wassergehalt der Luft zugeführte Wärme:

$4{,}16 \times [(26{,}8 \times 0{,}481) + 536{,}5]$ . . = 2 285,5 „

Gesammte produzirte Wärme = 229 917,9 Cal.

II. Wärmeverluste:

1. Wärmeentgang durch den etwa 500° warmen Rostdurchfall:

$500 \times 0{,}221 \times 26{,}08$ . . . . . = 2 881,8 Cal.

2. durch die Generatorgase entführte Wärme:

	Gewicht	sp. Wärme	W. C.
CO^2	23,48	× 0,217 =	5,095
CO	93,40	× 0,245 =	22,883
CH^4	0,92	× 0,593 =	0,546
O^2	4,42	× 0,218 =	0,964
N^2	243,28	× 0,244 =	59,360
H^2	2,44	× 3,409 =	8,318
NH^3	0,85	× 0,508 =	0,432
H^2S	0,52	× 0,243 =	0,126
			97,724 × 279

. = 27 265,0 Cal.

3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase:

α) hygroskopisches Wasser aus der Luft . . . . . 3,60 kg

β) Aus dem H der Kohle gebildetes H_2O . . . . . 19,26 „

γ) unzersetztes Wasser aus der Luft 0,25 „

23,11 kg

$23{,}11 \times [536{,}5 + (279 \times 0{,}481)]$ . . . = 15 500,0 Cal.

4. durch Wasserzersetzung:

$0{,}43 \times 34\,462$ . . . . . = 14 818,7 „

Gesammte verlorene Wärme = 60 465,5 Cal.

5. Strahlungsverluste und Vergasungswärme der Kohle:

Gesammte produzirte Wärme . . . = 229 917,9 Cal.

„ verlorene „ . . . = 60 465,5 „

Strahlungsverluste und Vergasungswärme der Kohle . . . . . = 169 452,4 Cal.

Berechnung der Vergasungswärme:

Theoretischer Brennwerth von 100 kg Kohle . .		656 300,00	„
Durch Kohle und Luft zugeführte Wärme . .		4 894,60	„
	Summe	661 194,60	„
Wärmeverlust durch Ammoniakbildung	5169,30 Cal.		
Verbrennungswärme des H in NH^3			
Bildungswärme des Ammoniaks .	198,20 „	4 971,10	„
		656 223,50	Cal.

Hieraus berechnet sich die Vergasungswärme von 100 kg Kohle:

Summe der aus I und III [1]) berechneten Wärmemengen . . . . . = 709 164,20 Cal.

Hievon ab obige . . . . . = 656 223,50 „

Vergasungswärme von 100 kg Kohle . . . = 52 940,70 Cal.

III. Nichtproduzirte Wärme.

1. Wärmeleistungsfähigkeit der Generatorgase:

CO zu CO^2	$= 93{,}40 \times 2\,403$	= 224 440,2	Cal.
CH^4 zu CO^2 u. H^2O	$= 0{,}92 \times 13\,063$	= 12 018,0	„
H^2 zu H^2O	$= 2{,}44 \times 34\,462$	= 84 087,3	„
H^2S zu H^2O u. SO^2	$= [0{,}03 \times 34\,462 + 0{,}49 \times 2500 - \frac{0{,}03 \times 4510}{2}]$	= 2 191,2	„
		322 736,7	Cal.

2. Durch unverbrannte Kohle verlorene Wärme des Rostdurchfalles:

$19{,}37 \times 8080$ . . . . . = 156 509,6 „

Gesammte nichtproduzirte Wärme . = 479 246,3 Cal.

Hieraus ergibt sich folgende Wärme-Bilanz:

[1]) Siehe unten: III. Nichtproduzirte Wärme.

Wärme-Bilanz.

Tabelle XI.

Wärmeproduktion und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen		Wärmeverluste und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
I. Wärmeproduktion.					II. Wärmeverluste				
1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme	225 023,3	31,73			1. Wärmeentgang durch den Rostdurchfall	2 881,8	0,41		
2. Durch Kohle und Luft zugeführte Wärme	4 894,6	0,69	229 917,9	32,42	2. durch Generatorgase entführte Wärme	27 265,0	3,84		
III. Nichtproduzirte Wärme.					3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase .	15 500,0	2,19		
					4. durch Wasserzersetzung .	14 818,7	2,09		
					5. α) Strahlungsverluste . .	116 511,7	16,43		
1. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles . . .	156 509,6	22,07			β) Vergasungswärme der Kohle	52 940,7	7,46	229 917,9	32,42
2. Wärme-Leistungsfähigkeit der Generatorgase . . .	322 736,7	45,51	479 246,3	67,58	III. Nichtproduzirte Wärme.				
					Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles . . .			156 509,6	22,07
								336 427,5	54,49
					Wärmegewinn			322 736,7	45,51
			709,164,2	100,00				709 164,2	100,00

Versuch 4.

(Da hier die Berechnung hauptsächlich auf Grund der volumprozentischen Zusammensetzung der Gase durchgeführt wurde, wird selbe hier ausführlich mitgetheilt. Die Anordnung und Berechnung weicht in einigen Punkten von den früheren Versuchen ab.)

α) Allgemeines.

Beim Versuche standen zwei Generatoren in Betrieb, die mit Ostrauer Nusskohlen (2584 kg) und Leobner Stückkohle (630 kg) chargirt wurden. Somit Gesammt-Kohlenverbrauch in der Zeit von 6h 15m Morgens bis 3h 5m Nachmittags, d. i. in 8h 50m = 3214 kg.

Von beiden Kohlensorten wurden im Neuberger Laboratorium gleich nach Beendigung des Heizversuches folgende Bestimmungen ausgeführt:

	Leobner Kohle	Ostrauer Kohle
Nässegehalt	2,64 %	8,38 %
Cokesausbringen (aschenfrei)	46,50 „	61,33 „
Gasgiebigkeit	44,68 „	24,94 „
Aschengehalt	7,18 „	5,35 „
Summe	100,00 %	100,00 %

Mit Zugrundelegung der früher mitgetheilten Elementaranalysen berechnet sich hieraus die Zusammensetzung der Kohlen am Versuchstage wie folgt:

	Leobner Kohle	Ostrauer Kohle
Kohlenstoff	65,53 %	70,90 %
Wasserstoff	4,55 „	4,26 „
Stickstoff	0,76 „	0,43 „
Sauerstoff	19,34 „	10,68 „
Wasser, hygroskopisch	2,64 „	8,38 „
Asche	7,18 „	5,35 „
Summe	100,00 %	100,00 %
Heizeffekt	6524 Cal.	7052 Cal.
verbrennlicher Schwefel	0,61 %	0,57 %

und die mittlere Zusammensetzung der chargirten Kohle zu:

Kohlenstoff	69,83 %
Wasserstoff	4,33 „
Stickstoff	0,50 „
Sauerstoff	12,38 „
Wasser, hygroskopisch	7,25 „
Asche	5,71 „
Summe	100,00 %
Verbrennlicher Schwefel	0,58 „
Heizwerth	6949 Calorien.

An Rostdurchfall erhielt man während des ganzen Versuches 753 kg von nachstehender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	65,20%
Asche	29,67 „
Wasser	5,13 „
Summe	100,00%

Das darin enthaltene Wasser stammt vom Ablöschen des Rostdurchfalles nach Beendigung des Versuches, welcher erfolgte, um ein weiteres Verbrennen des darin enthaltenen Kohlenstoffes möglichst zu vermeiden.

Die Zusammensetzung der Generatorgase, wie sie die einzelnen Gasanalysen ergaben, ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Zeit der Probenentnahme	7h 15m bis 9h 30m a. m.	11h 30m a. m. bis 1h 15m p. m.	1h 45m bis 3h 15m p. m.	Mittel
	2h 15m = 9/4h	1h 45m = 7/4h	1h 30m = 6/4h	
	in Volum-Prozenten			
Kohlensäure	5,2	5,4	5,0	5,21
Sauerstoff	0,8	0,1	1,0	0,63
Kohlenoxyd	23,72	24,83	23,42	23,99
Methan	0,28	0,17	0,31	0,25
Wasserstoff	9,89	12,07	10,08	10,64
Stickstoff	60,11	57,43	60,19	59,28
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00

Bei Berechnung des Mittels wurde auf die Zeit, während welcher die Gasproben gesammelt wurden, Rücksicht genommen.

Von der Berechnung der gewichtsprozentischen Zusammensetzung der Generatorgase wurde hier abgesehen, da die weiteren Berechnungen (zur Vereinfachung) so weit thunlich mit Gasvolumen durchgeführt wurden.

Die mittlere Lufttemperatur beim Generator betrug 9,11° C., der relative Feuchtigkeitsgehalt desselben 75,89%. Der Luftdruck wurde im Mittel zu 711,9 mm ermittelt.

Die Generatorgase traten aus dem Generator mit einer Durchschnittstemperatur von 282,37° C.

1 m³ mit Wasserdampf gesättigter Luft von 9,11° C. enthält 9,26 g Wasserdampf; somit enthält 1 m³ der Luft, wie sie in der Versuchszeit zu den Generatoren trat, $\frac{9{,}26 \times 75{,}89}{100} = 7{,}03$ g Wasserdampf.

β) Chemische Vorgänge im Generator.

Zweck der nachfolgenden Rechnung ist die Aufstellung einer Wärmebilanz, welche — um mit kleineren Zahlen zu thun zu haben

und die Vergleichung mit den früheren Heizversuchen zu erleichtern — auf 100 kg gegichteter Kohle bezogen ist. Hierzu ist zunächst die Aufstellung einer chemischen Bilanz erforderlich.

Es werden zunächst die unter α) gegebenen Beobachtungsziffern auf 100 kg gegichteter Kohle umgerechnet werden müssen.

Rostdurchfall: Bei 3214 kg Kohle wurden 714,37 kg trockener Rostdurchfall erhalten, somit pro 100 kg Kohle (wenn das vom Ablöschen herrührende Wasser unberücksichtigt gelassen wird) 22,23 kg mit:

Kohlenstoff	15,28 kg
Asche	6,95 „
Summe	22,23 kg

Generatorgase: 100 kg Kohle enthalten . . . 69,83 kg C.
die entsprechende Menge Rostdurchfall enthält . . . . 15,28 „ „
somit enthalten die Generatorgase . . . . . 54,55 kg C.
(da wir von der Theerbildung absehen müssen).

100 Volumtheile der trockenen Generatorgase enthalten nach der bereits oben gegebenen Durchschnittsanalyse:

Generatorgas	Volumtheile der Elementarbestandtheile				Volumtheile der näheren Bestandtheile.
	C	O	H	N	
CO^2	2,605	5,210	—	—	5,21
O^2	—	0,630	—	—	0,63
CO	11,995	11,995	—	—	23,99
CH^4	0,125	—	0,500	—	0,25
H^2	—	—	10,640	—	10,64
N^2	—	—	—	59,280	59,28
Summe	14,725	17,835	11,140	59,280	100,00

Da nun 1 m³ hypothetisches Kohlenstoffgas bei 0 C. und 760 mm Barometerstand 1,071948 kg wiegen würde (siehe pag. 20), geben die obigen 54,55 kg Kohlenstoff offenbar $\frac{54,55}{1,071\,948} = 50,842$ m³ hypothetisches Kohlenstoffgas. Hieraus berechnet sich nun die Anzahl m³ trockenes Generatorgas, das von 100 kg gegichteter Kohle geliefert wurde, zu 345,277 m³, und die Zusammensetzung desselben, wie folgt:

$$CO_2 = \frac{5,21 \times 345,277}{100} = 17,990\,\text{m}^3$$

$$O_2 = \frac{0,63 \times 345,277}{100} = 2,175\ ,,$$

$$CO = \frac{23,99 \times 345,277}{100} = 82,832\ ,,$$

$$CH_4 = \frac{0,25 \times 345,277}{100} = 0,863\ ,,$$

$$H_2 = \frac{10{,}64 \times 345{,}277}{100} = 36{,}737\ m^3$$

$$N_2 = \frac{59{,}28 \times 345{,}277}{100} = 204{,}680\ ,,$$

$$\text{Summe} = 345{,}277\ m^3,$$

welche sich, wie folgt, in ihre Elemente zerlegen lassen:

Tabelle XII.

Zusammensetzung		Elementarbestandtheile m³			
		C	O	H	N
Kohlensäure . .	17,990	8,995	17,990	—	—
Sauerstoff . . .	2,175	—	2,175	—	—
Kohlenoxyd . . .	82,832	41,416	41,416	—	—
Methan	0,863	0,432	—	1,726	—
Wasserstoff . . .	36,737	—	—	36,737	—
Stickstoff	204,680	—	—	—	204,680
Summe	345,277	50,843	61,581	38,463	204,680

Von 100 kg Kohle werden nach Obigem vergast:

Kohlenstoff	54,55 kg
Sauerstoff	12,38 ,,
Wasserstoff	4,33 ,,
Stickstoff (etwa $^1/_5$ der Vorhandenen) .	0,10 ,,
Wasser	7,25 ,,
Summe	78,61 kg

Verbrennungsluft. Somit stammen 204,680 m³ Stickstoff des Generatorgases aus der zugetretenen Verbrennungsluft (da der Stickstoff der Kohle nach unserer Annahme als Ammoniak in die Gase geht), und da diese 21 Vol.-% Sauerstoff und 79 Vol.-% Stickstoff enthält, müssten überhaupt an (trockener) Verbrennungsluft zugetreten sein: $\frac{204{,}680 \times 100}{79} = 259{,}088\ m^3$ (bei 0° C. und 760 mm Barometerstand gemessen), welche (da 1 m³ derselben 0,00703 kg Wasserdampf enthält) $259{,}088 \times 0{,}00703 = 1{,}82$ kg Wasserdampf mit sich führen.

Somit enthält die zugetretene Verbrennungsluft:

Stickstoff	204,680 m³
Sauerstoff	54,408 ,,
	259,088 m³
und Wasserdampf	1,82 kg.

Zur Aufstellung der chemischen Bilanz muss nun auf die Gewichtsverhältnisse übergegangen werden, was durch Multiplikation der Volumzahlen mit dem Gewichte eines Cubikmeters erreicht wird. Man hat sonach:

Generatorgase.

Tabelle XIII.

kg	C	O	H	N	Summe
CO_2 . .	8,995 × 1,071948 = 9,64	17,990 × 1,4303 = 25,73	—	—	35,37
O_2 . . .	—	2,175 × 1,4303 = 1,11	—	—	1,11
CO . . .	41,416 × 1,071948 = 44,44	41,416 × 1,4303 = 59,24	—	—	103,68
CH_4 . .	0,432 × 1,071948 = 0,47	—	1,726 × 0,0896 = 0,16	—	0,63
H_2 . . .	—	—	36,737 × 0,0896 = 3,29	—	3,29
N_2 . . .	—	—	—	204,68 × 1,2566 = 257,20	257,20
Summe	54,55	86,08	3,45	257,20	383,28

Zugetretene Verbrennungsluft:

Stickstoff	204,680 × 1,2566 =	257,20 kg
Sauerstoff	54,408 × 1,4303 =	77,82 „
Wasserdampf	=	1,82 „
		336,84 kg

Der Wasserdampf der Verbrennungsluft enthält:

Sauerstoff	1,62 kg
Wasserstoff	0,20 „
	1,82 kg

Chemische Bilanz.

Tabelle XIV.

Elemente kg	Elementar-Zusammensetzung kg						
	gegichtete Kohle	Rost-durchfall	vergaste Kohle [1])	Verbrennungsluft	Summe der beiden Vorigen	Generatorgas	Differenz
Kohlenstoff . .	69,83	15,28	54,55	—	54,55	54,55	—
Sauerstoff . .	18,84	—	18,84	77,63 [2])	96,47	86,06	10,41
Wasserstoff .	5,14	—	5,14	0,20 [3])	5,34	3,45	1,89
Stickstoff . .	0,50	(0,40)	0,10	257,20	257,30	257,20	0,10 [4])
Asche . . .	5,71	6,55	—	—	—	—	—

[1]) Inclusive hygroskopisches Wasser der Kohle.
[2]) Inclusive dem Sauerstoff des Wasserdampfes.
[3]) Aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.
[4]) Als Ammoniak angenommen.

Der Aschengehalt der vergichteten Kohle stellt sich pro 100 kg derselben auf 5,71 kg, während jener der entsprechenden Rostdurchfallmenge (nach Abzug des Stickstoffes) 6,55 kg beträgt. Es zeigt sich somit ein Ueberschuss von 6,55 — 5,71 = 0,84 kg, welcher offenbar von der theilweisen Oxydation des verbrennlichen Schwefels zu Schwefelsäure herrühren muss.

Ist der nicht flüchtige Antheil des verbrennlichen Schwefels im Rostdurchfalle als Sulfat (etwa $FeSO_4$) vorhanden geblieben, so wiegt die im Rostdurchfalle enthaltene Asche (6,55 kg) in Bezug auf die Asche der gegichteten Kohle abzüglich des verbrennlichen Schwefels (5,71 — 0,58 = 5,13) um 6,55 — 5,13 = 1,42 kg zu viel, welche nach der obigen Annahme dem Radikale Sulfuryl (SO_4) entsprechen und somit 0,47 kg Schwefel enthalten müssen, so dass in unserem Falle 0,58 — 0,47 = 0,11 kg Schwefel in die Gase gegangen wären.

In der Zusammenstellung ist alles chemisch gebundene und alles hygroskopische Wasser in seine Bestandtheile zerlegt worden.

Die chemischen Vorgänge im Generator werden folgende sein:

Im obersten Theile des Generator wird die Kohle ihr hygroskopisches Wasser verlieren, sie wird getrocknet werden; kommt dieselbe in die heisseren, tieferen Partien, oder steigt ihre Temperatur nach erfolgtem Trocknen genügend an, so beginnt die trockene Destillation, als deren Produkte Gase, Cokes, Theer und Wasser auftreten werden; ein Theil der gebildeten Cokes wird ober dem Roste verbrannt, und liefert die für vorerwähnte Vorgänge nöthige Wärme.

Unmittelbar über dem Roste findet die vollkommene Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure statt; die aufsteigende Kohlensäure wird in den höheren Partien in Berührung mit glühender Kohle grösstentheils zu CO reduzirt werden; ebenso lässt sich annehmen, dass die Feuchtigkeit der Verbrennungsluft unter Bildung von CO und freiem Wasserstoff zerlegt wird; endlich wird ein Theil des Sauerstoffes, wie schon erwähnt, zur Bildung von Sulfaten dienen.

Da die Analyse der Generatorgase pro 100 kg Kohle 1,11 kg freien Sauerstoff ausweist, derselbe jedoch weder von der Verbrennung ober dem Roste noch von der trockenen Destillation herrühren kann, muss man annehmen, dass er von in den Generator eingetretener und an den Prozessen unbetheiligter Luft stammt.

Es entspricht demselben 1,11 × 3,33 = 3,70 kg Stickstoff und 0,33 kg Wasserdampf. Somit haben wir an thatsächlich in Wirksamkeit getretener Verbrennungsluft:

Sauerstoff	77,82 — 1,11 =	76,71 kg	
Stickstoff	257,20 — 3,70 =	253,50 „	
Wasserdampf	1,82 — 0,33 =	1,49 „	1,32 O 0,17 H
	zusammen	331,70 kg	

An Rostdurchfall:

Kohlenstoff	15,28 kg
Asche der Kohle (exclusive verbrennlichem Schwefel)	5,13 „
In der Asche verbliebener verbrennlicher Schwefel .	0,47 „
Zur Asche getretener Sauerstoff (Sulfatbildung) . .	0,95 „
Stickstoff	0,40 „
	22,23 kg

Unter der später zu besprechenden Annahme, dass bei der trockenen Destillation nur CO und keine CO^2 gebildet werde, kommen wir zu folgenden Resultaten:

Der Wasserstoff und Sauerstoff der Kohle, sowie theilweise auch der Stickstoff, gehen in die Gase. Hiervon sind nach der Gasanalyse:

0,16 kg Wasserstoff an 0,47 kg Kohlenstoff

und nach der Annahme, dass $^1/_5$ des Stickstoffgehaltes der Kohle als Ammoniak in die Gase gehe

0,02 kg Wasserstoff an 0,10 kg Stickstoff,

endlich

0,1 kg Wasserstoff an 0,11 kg Schwefel

gebunden.

Die Generatorgase enthalten nach der Analyse 3,29 kg freien Wasserstoff, wovon nach schon oben erwähntem $1,49 : 9 = 0,17$ kg durch die Vorgänge ober dem Roste, d. i. durch Zerlegung des Wasserdampfes der Verbrennungsluft geliefert wurden. Es bleiben somit $3,29 - 0,17 = 3,12$ kg Wasserstoff, welche von der trockenen Destillation stammen.

Der Rest des Wasserstoffes der Kohle, nämlich

$5,14 - (0,16 + 0,01 + 0,02 + 3,12) = 5,14 - 3,31 = 1,83$ kg wird mit $8 \times 1,83 = 14,64$ kg Sauerstoff zu Wasser verbunden sein, während der Rest des Sauerstoffes der Kohle, nämlich $18,84 - 14,64 = 4,20$ kg nach dem Obengesagten mit 3,15 kg Kohlenstoff CO gegeben haben wird.

Hieraus berechnet sich die gebildete Cokesmenge zu:

Asche, inclusive Schwefel und Stickstoff . .	6,00 kg
Kohlenstoff $= 69,83 - (0,47 + 3,15 + 3,62) =$	66,21 „
	72,21 kg

Somit lassen sich die chemischen Vorgänge im Generator in folgender Weise zergliedern:

a) Vorgänge im oberen Theile des Generators:

100 kg vergichtete Kohle geben:

7,25 kg	Wasserdampf
92,75 „	trockene Kohle
100,00 kg	

b) Vorgänge im mittleren Theile des Generators (trockene Destillation):

Tabelle XV.

92,75 kg trockene Kohle enthalten			Cokes	geben: Generatorgase H_2O	CO	CH_4	NH_3	SH_2	H_2
5,13	Asche		5,13	—	—	—	—	—	—
60,83	Kohlenstoff	C	66,21	—	3,15	0,47	—	—	—
0,50	Stickstoff	N	0,40	—	—	—	0,10	—	—
0,58	Schwefel	S	0,47	—	—	—	—	0,11	—
4,33	H Wasserstoff	H	—	1,02	—	0,16	0,02	0,01	3,12
12,38	H chemisch gebundenes	H							
	O Wasser	O	—	8,16	4,20	—	—	—	—
92,75	Summe		72,21	9,18	7,35	0,63	0,12	0,12	3,12

c) An den chemischen Vorgängen im Generator unbetheiligte Luft:

Dieselbe kann wohl theilweise durch Undichtheiten im Mauerwerk eingetreten sein, doch lässt das Verhältniss zwischen der vorhandenen Kohlensäure und dem durch trockene Destillation gebildeten Kohlenoxyd, nämlich $\frac{CO^2}{CO} = \frac{35,37}{7,35}$, darauf schliessen, dass der grösste Theil derselben unter dem Roste seinen Zutritt fand, aber nicht zur Wirksamkeit gelangte.

Stickstoff	3,70 kg
Sauerstoff	1,11 „
Wasserdampf	0,33 „
Summe	5,14 kg

d) Vorgänge ober dem Roste:

Tabelle XVI.

Bestandtheile kg		Cokes	Luft	Summe	geben: Rostdurchfall	Gase CO^2	CO	H^2	N^2	In Rostdurchfall und Generatorgas zu viel Sauerstoff
Asche . . .		5,13	—	5,13	5,13	—	—	—	—	—
Kohlenstoff .	C	66,21	—	66,21	15,28	9,64	41,29	—	—	—
Stickstoff . .	N	0,40	253,50	253,90	0,40	—	—	—	253,50	—
Schwefel . .	S	0,47	—	0,47	0,47	—	—	—	—	—
Wasserstoff .	H									
chemisch	H	—	0,17	0,17	—	—	—	0,17	—	—
gebundenes		—	78,03	78,03	0,95	25,73	55,04	—	—	+ 3,69
Wasser	O									
		72,21	331,70	403,91	22,23	35,37	96,33	0,17	253,50	3,69

Sauerstoffmenge in Generatorgasen und Rostdurchfall . . .	95,48 kg
„ „ Kohle und Verbrennungsluft	91,81 „
Sauerstoffüberschuss im Generatorgas und Rostdurchfall . .	3,67 kg

Hieraus ergibt sich die Zusammensetzung der Generatorgase, wie folgt:

Kohlensäure	35,37 kg
Kohlenoxyd	103,68 „
Methan	0,63 „
Wasserstoff	3,29 „
Ammoniak	0,12 „
Schwefelwasserstoff . . .	0,12 „
Stickstoff	253,50 „
unbetheiligte Luft	4,81 „
Wasser	16,76 „
Summe	418,28 kg

Die obige Sauerstoffdifferenz von 3,67 kg repräsentirt den totalen Versuchsfehler, welcher, bezogen auf die Gesammtgasmenge, 0,87 Gewichtsprozente ausmacht. Derselbe lässt sich ebenso, wie bei den vorigen Heizversuchen motiviren.

Dass übrigens der Gesammtfehler grösser, als bei den vorigen Heizversuchen ausfiel, dürfte darin zu suchen sein, dass entweder die Durchschnittsprobe des Rostdurchfalles nicht ganz richtig war, oder dass die Zusammensetzung der Kohlen nicht ganz mit den zu Grunde gelegten älteren Analysen übereinstimmt. Für letztere Annahme stimmt auch die geringe Uebereinstimmung zwischen den hier ermittelten und den Schwackhöfer'schen Aschengehalten.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion:

1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme:

a) durch Kohlensäurebildung:

$17{,}990\ m^3 \times 3007$ Cal. . . . . = 54 095,9 Cal.

b) durch Kohlenoxydbildung:

$82{,}832\ m^3 \times 1325{,}5$ Cal. . . . . = 109 793,8 „

c) durch Methanbildung:

$0{,}863\ m^3 \times 982{,}5$ Cal. . . . . = 847,9 „

d) durch Ammoniakbildung:

$\frac{0{,}02\ kg \times 3963}{3}$ . . . . . = 26,4 „

e) durch Schwefelwasserstoffbildung:

$\frac{0{,}01\ kg \times 4510}{2}$ . . . . . = 22,6 „

f) aus dem Wasserstoff der Kohle gebildetes Wasser:

$1{,}02 \times 34\,462$ . . . . . = 35 151,2 „

Summe = 199 937,8 Cal

Uebertrag		199 937,8	Cal.
2. durch die Kohle zugeführte Wärme:			
$9{,}11^0 \times 0{,}221 \times 100$ (kg)	=	201,3	„
3. durch die Luft zugeführte Wärme:			
$9{,}11^0 \times 0{,}3075 \times 259{,}088$ (m^3) . .	=	725,8	„
4. durch den Wassergehalt der Luft zugeführte Wärme:			
$1{,}82 \times [(9{,}11 \times 0{,}481) + 536{,}5]$ . .	=	980,4	„
Gesammte produzirte Wärme	=	201 845,3	Cal.

II. Wärmeverluste:

1. Wärmeentgang durch den etwa 500° C. warmen Rostdurchfall:

$500 \times 0{,}221 \times 22{,}23$ . . . . . = 2 456,4 Cal.

2. durch die Generatorgase entführte Wärme:

CO_2	— 17,990 (m^3) × 0,4266	=	7,675
CO	— 82,832 (m^3) × 0,3034	=	25,129
CH_4	— 0,863 (m^3) × 0,4243	=	0,366
O_2	— 2,175 (m^3) × 0,3121	=	0,679
N_2	— 204,680 (m^3) × 0,3066	=	62,745
H_2	— 36,737 (m^3) × 0,3051	=	11,207
NH_3	— 0,12 (kg) × 0,508	=	0,061
H_2S	— 0,12 (kg) × 0,243	=	0,029
	107,891 × 282,37°	=	30 465,2 „

3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase:

$16{,}76\,(kg) \times [536{,}5 + (282{,}37^0 \times 0{,}481)]$ = 11 268,1 „

4. durch Wasserzersetzung:

0,17 (kg) 34 462 . . . . . = 5 858,5 „

Gesammte verlorene Wärme . . . . = 50 048,2 Cal.

5. Strahlungsverlust und Vergasungswärme der Kohlen:

Gesammte produzirte Wärme	200 845,3	Cal.
„ verlorene „	50 048,2	„
Strahlungsverlust und Vergasungswärme der Kohle im Generator[1])	151 797,1 „	151 797,1 Cal.

[1]) Die Vergasungswärme der Kohle lässt sich bei diesem Heizversuche nicht berechnen, da, wie schon erwähnt, die Zusammensetzung der verwendeten Kohlen nicht mehr genau genug mit den benutzten älteren Analysen von Schwackhöfer überein stimmt. In der unten folgenden Zusammenstellung wurde selbe entsprechend den Resultaten der früheren Heizversuche schätzungsweise angegeben.

III. Nichtproduzirte Wärme:
(disponible Energie)

1. Wärmeleistungsflüssigkeit der Generatorgase:

CO zu CO^2: 82,832 (m^3) × 3 007 . .	=	249 075,8	Cal.
CH_4 zu CO^2 u. H_2O: 0,63 (kg) × 13063	=	8 229,7	„
H_2 zu H_2O: 3,29 (kg) × 34 462 . .	=	113 380,0	„
H_2S zu H_2O und SO_2: $[0{,}01 \times 34462 + 0{,}11 \times 2500 - \frac{0{,}01 \times 4510}{2}]$	=	597,1	„
		373 282,6	Cal.

2. durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles verlorene Wärme:

15,28 (kg) × 8080	=	122 362,4	„
Gesammte nichtproduzirte Wärme . .		493 645,0	Cal.

Wärme-Bilanz.

Tabelle XVII.

Wärmeproduktion und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen		Wärmeverluste und nichtproduzirte Wärme	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
I. Wärmeproduktion.					II. Wärmeverluste.				
1. Durch chemische Prozesse im Generator erzeugte Wärme	199 937,8	28,74			1. Wärmeentgang durch den Rostdurchfall	2 456,4	0,35		
2. Durch Kohle und Luft zugeführte Wärme	1 907,5	0,28	201 845,3	29,02	2. durch die Generatorgase entführte Wärme . . .	30 465,2	4,38		
III. Nichtproduzirte Wärme.					3. Wärmeentgang durch den Wassergehalt der Gase .	11 268,1	1,62		
1. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles . . .	122 362,4	17,60			4. durch Wasserzersetzung .	5 858,5	0,84		
2. Wärme-Leistungsfähigkeit der Gase	371 282,6	53,38	493 645,0	70,98	5. Strahlungsverlust und Vergasungswärme der Kohle.	151 797,1	21,83	201 845,3	29,02
					III. Nichtproduzirte Wärme.				
					1. Durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles . . .	—	—	122 362,4	17,60
								324 207,7	46,62
					2. Wärmegewinn	—	—	371 282,6	53,38
Total			695 490,3	100,00	Total			695 490,3	100,00

IV. Zusammenstellung vorstehender Versuchsdaten.

Diese Besprechung werden wir in derselben Reihenfolge vornehmen, wie wir die einzelnen Versuche für sich behandelt haben.

α) Allgemeines.

	Versuch I	Versuch II	Versuch III	Versuch IV
Anzahl der Generatoren:	3	4	3	2
	Stunden	Stunden	Stunden	Stunden
Dauer des Versuches:	11	11	10,5	8,83
	In Kilogrammen			
Vergichtete Kohlen:	3600	2927	1980	3214
Mittlere Zusammensetzung der Kohlen:	Prozente			
Kohlenstoff	61,72	64,92	66,50	69,83
Disp. Wasserstoff	1,85	2,50	2,28	2,78
Stickstoff	0,22	0,50	0,70	0,50
Wasser, chem. gebd.	20,09	14,22	19,85	13,93
„ hygroskop.	9,34	12,42	3,60	7,25
Asche	6,78	5,44	7,07	5,71
Gehalt an verbrennlichem Schwefel:	0,37	0,52	0,56	0,58
Calorischer Werth:	5446[1])	6374	6563	6949
	Kilogramm			
Rostdurchfall:	936,7	642	525	753
Generatorgase:	In Gewichtsprozenten			
Kohlensäure	7,81	7,03	6,37	8,84
Sauerstoff	0,80	0,26	1,20	0,28
Kohlenoxyd	27,54	28,72	25,35	25,82
Methan	0,23	0,20	0,25	0,16
Wasserstoff	0,86	0,99	0,66	0,84
Stickstoff	62,76	62,80	66,18	64,06
	Grad Celsius			
Temperatur der Luft	18,3	23,7	26,8	9,11
	Gramm			
Feuchtigkeit der Luft pro m^3	5,16	8,94	14,68	7,03
Temperatur der Generatorgase .	206° C.	300° C.	279° C.	282° C.

β) Chemische Vorgänge im Generator.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
	pro 100 kg gegichteter Kohle in Kilogrammen			
Rostdurchfall:				
Kohlenstoff	19,24	15,67	19,37	15,28
Asche	6,78	5,29	6,71	6,95
Summe	26,02	20,96	26,08	22,23

[1]) Der calorische Werth bei Versuch 1 ist nicht mit dem Calorimeter bestimmt, sondern aus der Elementaranalyse berechnet.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
	pro 100 kg gegichteter Kohle in Kilogrammen			
Generatorgase:				
Kohlensäure	23,61	24,08	23,48	35,37
Kohlenoxyd	82,89	98,37	93,40	103,68
Methan	0,70	0,69	0,92	0,63
Wasserstoff	2,58	3,39	2,44	3,29
Ammoniak	0,27	0,61	0,85	0,12
Schwefelwasserstoff	0,39	0,425	0,52	0,12
Stickstoff	180,41	211,63	228,31	253,50
Unbetheiligte Luft	10,57	3,90	19,39	4,81
Wasser	21,69	18,165	23,11	16,76
Summe	323,11	361,26	392,42	418,28
Verbrennungsluft:				
Stickstoff	188,57	214,65	243,28	257,20
Sauerstoff	55,69	63,39	71,85	77,82
Wasser	1,12	2,25	4,16	1,82
Summe	245,38	280,29	319,29	336,84
In den Generator eingeführt:				
Kohle	100,00	100,00	100,00	100,00
Verbrennungsluft	245,38	280,29	319,29	336,84
	345,38	380,29	419,29	436,84
Produkte des Generators:				
Rostdurchfall	26,02	20,96	26,08	22,23
Generatorgase	323,11	361,26	392,42	418,28
	349,13	382,22	418,50	440,61
Versuchsfehler	— 3,75	— 1,93	+ 0,79	— 3,77

γ) Wärmevertheilung.

Die Wärmemengen sind in Tausenden von Calorien pro 100 kg gegichteter Kohle angegeben.

	Versuch I (1000)		Versuch II (1000)		Versuch III (1000)		Versuch IV (1000)	
I. Wärmeproduktion:								
1. durch chemische Prozesse im Generator	162,5 Cal.	—%	179,7 Cal.	26,67%	225,0 Cal.	31,73%	199,9 Cal.	28,74%
2. durch Kohle und Luft	1,4 „	— „	3,3 „	0,49 „	4,9 „	0,69 „	1,9 „	0,28 „
Summe	163,9 Cal.	—%	183,0 Cal.	27,16%	229,9 Cal.	32,42%	201,8 Cal.	29,02%
II. Wärmeverluste:								
1. durch den Rostdurchfall	2,6 Cal.	—%	2,3 Cal.	0,34%	2,9 Cal.	0,41%	2,5 Cal.	0,35%
2. und 3. durch Generatorgase . . .	30,5 „	— „	40,6 „	6,03 „	42,8 „	6,03 „	41,7 „	6,00 „
4. durch Wasserzersetzung	4,1 „	— „	8,6 „	1,28 „	14,8 „	2,09 „	5,9 „	0,84 „
5. α) Strahlungsverlust	85,7 „	— „	94,9 „	14,09 „	116,5 „	16,43 „	96,7 „	13,93 „
β) Vergasungswärme der Kohle . .	41,0 „	— „	36,6 „	5,42 „	52,9 „	7,46 „	55,0 „	7,90 „
Summe	163,9 Cal.	—%	183,0 Cal.	27,16%	229,9 Cal.	32,42%	201,8 Cal.	29,02%
III. Nichtproduzirte Wärme:								
1. Wärmeleistungsfähigkeit der Generatorgase	298,8 Cal.	—%	364,0 Cal.	54,05%	322,7 Cal.	45,51%	371,3 Cal.	53,38%
2. durch unverbrannte Kohle des Rostdurchfalles	155,5 „	— „	126,6 „	18,79 „	156,5 „	22,07 „	122,3 „	17,60 „
Summe	454,3 Cal.	—%	490,6 Cal.	72,84%	479,2 Cal.	67,58%	493,6 Cal.	70,98%

V. Vergleich vorstehender Versuchsdaten.

Da bei Versuch I die Wärmevertheilungsdaten uns nicht vollkommen zur Verfügung stehen, so müssen wir bei nachfolgender Vergleichung diesen Versuch unberücksichtigt lassen, führen jedoch, soweit wir vergleichbare Angaben besitzen, selbe an, woraus zu ersehen, dass sie vollkommen unseren Schlussfolgerungen entsprechen. Wenden wir uns zunächst zur Betrachtung des Strahlungsverlustes, welcher beim Versuch III (116,5 Calorien)[1]) bedeutend grösser ist, wie bei Versuch II (94,9 Calorien).

Es waren bei	Versuch II	Versuch III	Versuch IV	Versuch I
		Generatoren		
im Betrieb	4	3	2	3
		Stunden		
in der Versuchszeit von	11,00	10,5	8,83	11,00
		Kilogramm		
wurden an Kohlen vergichtet . . .	2927	1980	3214	3600
oder pro Stunde	266,10	188,57	363,98	327,27
das gibt pro Generator und Stunde .	66,52	62,86	181,99	109,09

Wir haben pro Generator und Stunde das grösste Kohlenquantum bei Versuch IV vergast, dann kommt der Reihe nach Versuch I, II und III; es sollten daher auch die Wärmeproduktionen in demselben Sinne wachsen:

Wir haben aber nach Vorigen	Versuch II	Versuch III	Versuch IV	Versuch I
		Calorien		
pro 100 kg Kohle	183,0	229,9	201,8	163,9
oder pro Generator und Stunde . .	121,76	144,54	244,8	178,8
der Wärmeentgang durch Rostdurchfall und Generatorgase beträgt pro 100 kg Kohle	42,9	45,7	44,2	33,1
oder pro Generator und Stunde . .	28,5	28,7	53,6	36,1
Zieht man diese Zahlen von den entsprechenden Wärmeproduktionen ab, so erhält man eine Wärmemenge von	93,26	115,8	191,2	142,7

welche uns zeigt, dass die im Generator verbleibende Wärme thatsächlich mit dem pro Stunde und Generator vergichteten Kohlenquantum steigt[2]); es wird daher die Strahlung den obigen Zahlen nahezu proportional sein müssen, wenn die strahlenden Flächen gleich sind.

Bezeichnet man die vordere und rückwärtige Begrenzungsfläche mit a, die Seitenfläche mit b und die obere Begrenzungsfläche mit c,

[1]) Calorien: es sind hier im Gegensatze zu den Früheren sogenannte grosse Calorien (1 Cal. = 1000 cal.) verstanden.

[2]) Versuch III bildet eine Ausnahme, wahrscheinlich in Folge der grossen Menge unbetheiligter Luft, die bei demselben auftritt.

so sind die Wärmeausstrahlungsflächen pro Generator, die Bodenfläche

	bei 4 Generatoren	bei 3 Generatoren
unberücksichtigt gelassen	$2a + c + {}^1/_2 b$	$2a + c + {}^2/_3 b$
oder wenn man die annähernden Werthe, nämlich: $a = 5\,m^2$, $b = 3{,}4\,m^2$, $c = 8{,}3\,m^2$ einsetzt	$20{,}0\,m^2$	$20{,}6\,m^2$

Wir sehen daraus, dass die strahlende Fläche pro Generator in beiden Fällen nahezu gleich ist.

Berechnet man die Strahlung pro Stunde und Generator, so ergibt sich dieselbe mit . . . . . 63,13 (Versuch II), 73,22 (Versuch III), 54,76 (Versuch IV), 93,49 (Versuch I)

Einen weiteren wichtigen Punkt bildet die Wärmeleistungsfähigkeit der Gase,

	Versuch II	Versuch III	Versuch IV	Versuch I
	Calorien			
dieselbe beträgt pro 100 kg Kohle	364,0	322,7	371,28	298,8
	Kilogramm			
die Produkte der direkten Verbrennung ober dem Roste betragen . .	322,10	344,71	400,22	—
die Produkte der trockenen Destillation	36,23	28,01	27,79	—

Wie aus Vorstehendem zu ersehen, hatten wir bei Versuch IV den raschesten Gang, welcher durch das Auftreten von mehr Verbrennungsprodukten, also durch grösseren Luftverbrauch, charakterisirt ist. Der langsamere Gang der trockenen Destillation, vielmehr das weite Ineinandergreifen der Zonen der trockenen Destillation und der Verbrennung erklärt sich auch aus dem Wassergehalte der Kohle (pro 100 kg) von . der in Folge seiner Verdampfung und Erwärmung auf die Temperatur der Generatorgase die vergichtete Kohle um abkühlen muss.

Versuch II	Versuch III	Versuch IV
12,42 kg	3,60 kg	7,25 kg
372° C.	108° C.	216° C.

Indem wir uns in weitere Vergleichungen Raummangels wegen nicht einlassen können, wollen wir schliesslich nur noch erwähnen, dass wir bei Versuch III und IV schlechtere Gase in Folge des kleineren Gehaltes an CO und H, ferner aber auch des grösseren Gehaltes an H_2O, N und unbetheiligter Luft besitzen.

b) Martinofen.

Bezüglich der Reihenfolge der Versuche gilt hier dasselbe, was in der Einleitung zu den Generatoren gesagt wurde.

Versuch I.

Da der Hauptzweck vorliegender Arbeit der Vergleich der Ofenzustellungsarten mit versenktem Gewölbe und mit Dom (nach Siemens) war, die Art der Zustellung bei Versuch I und II die gleiche gewesen und der Nutzeffekt sich bei ersterem weitaus kleiner (nach Schmid-

hammer 10,60 %) als beim zweiten stellte, so wollen wir hier diesen Versuch in unsere Betrachtungen nicht einbeziehen.

Versuch II.

α) Allgemeines.

Der Einsatz betrug . . . . . 4910 kg
oder pro 100 kg Kohle . . . . . 167,74 „
wovon kalt . . . . . 400,00 „
heiss . . . . . 4510,00 „
eingetragen wurden.

Er enthielt pro 100 kg Kohle:

Kohlenstoff	1,562 kg
Silicium	0,496 „
Mangan	1,631 „

Erzeugt wurden:

Stahl	4660 kg	
oder pro 100 kg Kohle . . .	159,20 „	
welcher enthielt:		Differenz gegen den Einsatz
Kohlenstoff . .	0,239 kg	1,323 kg
Silicium	0,096 „	0,400 „
Mangan	0,318 „	1,313 „
Schlacke	550 „	
oder pro 100 kg . . .	18,79 „	

Die Zusammensetzung der Essengase war:

Tabelle XVIII.

Zeit	6h 35m bis 7h — m	7h 15m bis 7h 38m	7h 48m bis 10h 8m	10h 23m bis 11h 8m	11h 21m bis 1h 13m	1h 28m bis 4h 3m	4h 18m bis 5h —m	Mittel
	0h 25m	0h 23m	2h 20m	0h 45m	1h 52m	2h 35m	0h 42m	
CO^2	6,3	7,0	13,0	13,1	12,4	13,2	11,4	12,11
O^2	13,2	12,1	5,4	5,1	5,4	5,0	6,4	6,12
CO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,02
N^2	80,5	80,9	81,6	81,8	82,1	81,8	82,2	51,75
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00

Während der ersten beiden Saugzeiten war das Luftventil des Martinofen, wie die Analysen zeigen, zu weit geöffnet, es wurde, wie gewöhnlich, die erste Saugzeit kurz gewählt, die darauffolgende dieses Umstandes halber gleichfalls abgekürzt.

Die gewichtsprozentische Zusammensetzung der Essengase berechnet sich folgend:

	Kohlenstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Summe
Kohlensäure	4,81	12,84	—	17,65
Sauerstoff	—	6,48	—	6,48
Kohlenoxyd	0,005	0,005	—	0,01
Stickstoff	—	—	75,86	75,86
Summe	4,815	19,325	75,86	100,00

Temperaturen:

des kalten Einsatzes	23,7° C.	
„ heissen „	700°	„
„ Stahles	1600°	„ [1]) abgerundet
der Schlacke	1600°	„
„ einströmenden Generatorgase . .	180°	„
„ Verbrennungsluft	23,7°	„
„ Essengase	500°	„
Feuchtigkeitsgehalt d. Verbrennungsluft	8,75 g pro m^3.	
Barometerstand	703 mm.	

Calorimetrische Messung.

Im Eiscalorimeter:

Gewicht der Stahlprobe	70 g
Geschmolzenes Eis	300 g

$\frac{300 \times 80 \text{ Cal.}}{70} = 342$ Cal. (Wärmeinhalt des Strahles).

In obiger Formel bedeutet 80 Cal. die latente Schmelzwärme des Eises.

β) Chemische Vorgänge im Martinofen.

Aus dem Einsatze wurden oxydirt:

1,323 kg	C	durch	3,528 kg	O	zu	4,851 kg CO^2 [2])
0,398 „	Si	„	0,458 „	„	„	0,856 „ SiO^2
1,313 „	Mn	„	0,375 „	„	„	1,688 „ MnO

[1]) Die von Weinhold aufgestellte und von Schneider kontrollirte Formel der mittleren specifischen Wärme für Schmiedeeisen ist:

$$C = C_0 + \alpha (T + t) + \beta [T^2 + t^2 + (T + t)^2]$$

worin $C_0 = 0{,}105907$

$\alpha = 0{,}00003269$

$\beta = 0{,}00000001108$

Wir haben diese Formel zur Berechnung der Temperatur des Metallbades, unter Zugrundelegung unserer calorimetrischen Beobachtungen benutzt und eine Temperatur von 1590° C. erhalten. Die mittlere specifische Wärme zwischen 0° und dieser Temperatur ist: 0,2149406. Da sich jedoch die Weinhold'sche Formel auf festes Schmiedeeisen bezieht, unsere Berechnungen aber auf die calorimetrischen Beobachtungen am flüssigen Metalle basirt sind, gibt unsere Berechnung eine etwas zu hohe Temperatur. Die latente Schmelzwärme des reinen Eisens wird gewöhnlich zu rund 20 Calorien angenommen, so dass sich der Wärmeinhalt der ins Calorimeter gegossenen Stahlprobe nur um $0{,}3 \times 20 = 6$ Calorien, also auf $342 - 6 = 336$ Calorien, die Ofentemperatur also um etwa 30° vermindern würde.

[2]) Der Einfachheit wegen nehmen wir an, dass der ganze C zu CO^2 verbrannt wurde.

Ferner gingen in die Schlacke die Kieselsäure und das Eisenoxydul der Sinterspaquete des Einsatzes:

0,002 kg Si + 0,002 kg O geben 0,004 kg SiO^2
2,644 „ Fe + 0,756 „ „ „ 3,400 „ FeO

Vorausgesetzt, die Schlacke bestünde:

aus 50% SiO^2
50 „ FeO + MnO,

so ergibt sich pro 100 kg Kohle an Schlacke:

SiO^2	9,395 kg	
MnO	1,688 „	
FeO	7,707 „	18,790 kg

Davon stammen:

0,856 kg SiO^2 von der Oxydation des Si im Einsatze;
0,004 „ „ „ den Sinterspaqueten;
8,535 „ „ aus der Zustellung;
1,688 „ MnO von der Oxydation des Mn im Einsatze;
3,400 „ FeO „ den Sinterspaqueten;
4,307 „ „ „ der Oxydation des Metallbades;

es werden somit 3,350 kg Fe unter Aufnahme von 0,957 kg O oxydirt.

Der Einsatz betrug pro 100 kg Kohle .	167,74 kg
Die Erzeugung	159,20 „
Differenz	8,54 kg

Andererseits wurden verschlackt:

C	1,323 kg
Si	0,398 „
Mn	1,313 „
Fe	3,350 „
SiO_2	0,004 „
FeO	3,400 „
Summe	9,788 kg

woraus sich ein Versuchsfehler von 9,788 — 8,540 = 1,248 kg oder etwa 0,75% des Einsatzes berechnet.

Die Generatorgase enthalten pro 100 kg Kohle:

Kohlenstoff	49,25 kg
aus dem Metallbade stammen	1,323 „
Es müssen somit die Essengase	50,573 kg

Kohlenstoff enthalten, woraus sich die Zusammensetzung der Essengase pro 100 kg Kohle berechnet.

Tabelle XIX.

Essengase	C	O	H	N	Summe
	in Kilogrammen				
CO^2	50,56	134,82	—	—	185,38
O^2	—	68,06	—	—	68,06
CO	0,013	0,017	—	—	0,03
N^2	—	—	—	796,85	796,85
Summe	50,573	202,897	—	796,85	1050,32
Wasser aus den Generatorgasen	—	16,147	2,018	—	18,165
Wasser aus der Verbrennungsluft (nach späterer Berechnung)	—	—	—	—	6,037

Von den 796,85 kg N stammen 211,63 kg + 3,02 kg = 214,65 kg N
aus den Generatorgasen und somit . . . . . 582,20 kg N
aus der Verbrennungsluft, deren Zusammensetzung sich hieraus wie folgt berechnet:

582,20 kg N
171,945 „ O
754,145 kg Luft.

Die Feuchtigkeit derselben nach oben angeführten Daten beträgt, nachdem 1 cm^3 Luft bei dem herrschenden Barometerstande und beobachteter Temperatur 1,093 kg wiegt, und das Luftquantum in m^3 sich daraus mit 689,9 berechnet, 6,037 kg H_2O.

Durch Verbrennung des H der Generatorgase entstandenes Wasser = 32,265 kg. Der Gesammtwassergehalt der Essengase stellt sich somit, da die Generatorgase 18,165 kg mitbringen, auf 56,467 kg.

Chemische Bilanz. Tabelle XX.

Elemente	In den Ofen wurden eingetragen				Von der Zustellung wurden verschlackt	Summe	Dem Ofen wurden entnommen			
	Generatorgase	Verbrennungsluft	Einsatz	Summe			Essengase	Stahl	Schlacke	Summe
C_2	49,25	—	1,562	50,812	—	50,812	50,573	0,239	—	50,812
O_2	74,61	171,945	—	246,555	—	246,555	231,577[2])	—	1,790	233,367
H_2	3,585	—	—	3,585	—	3,585	3,585	—	—	3,585
N_2	214,65	582,20	—	796,85	—	796,850	796,850	—	—	796,850
NH^3	0,61	—	—	0,61	—	0,610	0,610	—	—	0,610
Fe_2	—	—	160,647[1])	160,647	—	160,647	—	158,547	3,350	161,897[3])
FeO	—	—	3,400	3,400	—	3,400	—	—	3,400	3,400
Mn_2	—	—	1,631	1,631	—	1,631	—	0,318	1,313	1,631
Si_2	—	—	0,494	0,494	—	0,494	—	0,096	0,398	0,494
SiO^2	—	—	0,004	0,004	8,535	8,539	—	—	8,539	8,539
H_2O	18,165	6,037	—	24,202	—	24,202	24,212	—	—	24,212
S_2	0,400	—	—	0,400	—	0,400	0,400	—	—	0,400
Summe	361,270	760,192	167,738	1289,200	8,535	1297,732	1107,807	159,200	18,790	1285,797

[1]) Unter der Annahme, dass ausser den angeführten Elementen nur Fe vorhanden gewesen wäre.

[2]) Hiervon sind 28,68 kg mit 3,585 kg H der Generatorgase zu H_2O verbunden.

[3]) Hier kommt zum Ausdruck der vorhin besprochene Versuchsfehler (1,248 + 0,002 = 1,250 kg).

Die Differenz der Summen:

1331,357 der in den Ofen eingetragenen und
1319,419 der dem Ofen entnommenen Quantitäten

11,938 kg entspricht 0,9 % der pro 100 kg Kohle in Frage kommenden Stoffmengen und stellt den Gesammtfehler des Versuches dar, welcher in Anbetracht der weitaus komplizirteren Verhältnisse klein genannt werden kann.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

1. Von aussen zugeführte Wärme:

durch die 180° C. warmen Generatorgase:

$94{,}274 \times 180 \ldots = 16\,969{,}3$ Cal.

durch den Wassergehalt der Gase:

$18{,}165\,[536{,}5 + (180 \times 0{,}481)] \ldots = 11\,316{,}8$ „

durch die 23,7° C. warme Verbrennungsluft:

$23{,}7 \times 754{,}145 \times 0{,}238 \ldots = 4\,254{,}0$ „

durch den Wassergehalt der Verbrennungsluft:

$8{,}75 \times [536{,}5 + (23{,}7 \times 0{,}481)] \ldots = 3\,044{,}1$ „

durch den 700° C., resp. 23,7° C. warmen Einsatz[1]) = 12 913,0 „

48 497,2 Cal.

2. durch die vollständige Verbrennung der Generatorgase:

(nach der Wärmebilanz des Generators) . . = 364 537,0 Cal.

3. durch theilweise Oxydation des Metallbades:

C zu CO^2:

1,323 kg × 8080 = 10 689,8 Cal.

Si zu SiO^2:

0,398 kg × 7830 = 3 116,3 „

Mn zu MnO:

1,313 kg × 1693[2]) = 2 222,9 „

Fe zu FeO:

3,350 kg × 1258 = 4 104,3 „ = 20 133,3 „

433 167,5 Cal.

II. Wärmeentgang:

1. durch die 500° C. warmen Essengase:

	kg	sp. W.	W. C.
CO^2	185,38	× 0,217 =	40,227
O^2	68,06	× 0,218 =	14,837
CO	0,03	× 0,245 =	0,007
N^2	796,85	× 0,244 =	194,431
	249,502	× 500 =	124 751,0 Cal.

[1]) Die Temperatur der warmen Einsätze ist nach der Glühfarbe schätzungsweise bestimmt worden.

[2]) Thomson, Bildungswärme des Manganoxyduls: MnO = 94 800, daher $\frac{MnO}{55} = 1693$.

2. durch den Wassergehalt der Essengase:

56,467 [536,5 + (500 × 0,481)] . . . = 43 874,9 Cal.

3. In Folge unvollständiger Verbrennung der Generatorgase nicht prod. Wärme:

0,03 × 2403 . . . . . = 72,1 „

168 697,0 Cal.

4. durch Stahl und Schlacke dem Ofen entnommene Wärme:

159,20 × 342 = 54 446 Cal.

18,79 × 560[1]) = 10 522 „ . . = 64 968,0 Cal.

233 665,0 Cal.

daher

5. Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung = **199 502,5** Cal.

Total = **433 167,5** Cal.

---

[1]) Nach Gruner: 560 Cal. pro kg Schlacke.

Wärme-Bilanz.

Tabelle XXI.

Wärmeproduktion	Einzeln		Zusammen		Wärmeentgang	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
1. von aussen zugeführt:					1. durch die Essengase . .	124 751,0	28,80		
durch die Generatorgase .	16 969,3	3,92			2. durch den Wassergehalt				
durch den Wassergehalt der Gase	11 316,8	2,61			der Essengase	43 874,9	10,13		
durch die Verbrennungsluft	4 254,0	0,98			3. durch die unvollständige Verbrennung	72,1	0,02		
durch den Wassergehalt der Verbrennungsluft . .	3 044.1	0,70			4. durch Stahl und Schlacke	64 968,0	15,00		
					5. durch Leitung und Strahlung	199 502,5	46,05	433 167,5	100,00
durch den Einsatz . . .	12 913.0	2,98	48 497,2	11,19					
2. durch die Verbrennung der Generatorgase			364 537,0	84,16					
3. durch theilweise Oxydation des Metallbades			20 133,3	4,65					
			433 167,5	100,00				433 167,5	100,00

Versuch III.

a) Allgemeines.

Der Einsatz betrug . . . . . 5445 kg
oder pro 100 kg Kohle . . . . . 274,99 „
wovon: 189,13 kg kalt, 85,86 „ heiss } eingetragen wurden.

Er enthielt pro 100 kg Kohle:

Kohlenstoff	2,949 kg
Silicium	1,360 „
Mangan	3,646 „

Erzeugt wurden:

Stahl	5191 kg
oder pro 100 kg Kohle . . .	262,17 „

welcher enthielt:

		Differenz gegen den Einsatz
Kohlenstoff . .	0,307 kg	2,642 kg
Silicium . . .	0,110 „	1,250 „
Mangan	0,490 „	3,156 „
	Summe	7,048 kg

Differenz zwischen Einsatz und Ausbringen 274,99 — 262,17 = 12,82 kg, verschlacktes Eisen 12,82 — 7,048 = 5,772 kg.

Schlacke . . . . . 425 kg
oder pro 100 kg Kohle . . . . 21,46 „
welche nach der Analyse enthielt:

Kieselsäure . .	45,65 %	oder	9,796	kg	pro	100	kg	Kohle
Eisenoxydul . .	33,60 „	„	7,211	„	„	100	„	„
Manganoxydul .	18,21 „	„	3,908	„	„	100	„	„
Kalk etc. . . .	2,54 „	„	0,545	„	„	100	„	„
	100,00 %	„	21,460	kg	pro	100	kg	Kohle

Die mittlere volumprozentische Zusammensetzung der Essengase war:

Kohlensäure	11,12 Vol.-Proz.
Sauerstoff	6,78 „
Stickstoff	82,10 „
Kohlenoxyd	0,00 „
	100,00 Vol.-Proz.

Daraus berechnet sich die gewichtsprozentische Zusammensetzung der Essengase:

	Kohlenstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Summe
Kohlensäure	4,44	11,84	—	16,28
Sauerstoff	—	7,22	—	7,22
Kohlenoxyd	—	—	—	0,00
Stickstoff	—	—	76,50	76,50
Summe	4,44	19,06	76,50	100,00

Temperaturen:

des kalten Einsatzes	26,25° C.
„ heissen „	700° „
„ Stahles[1])	1410° „
der Schlacke	1410° „
„ einströmenden Generatorgase	165° „
„ Verbrennungsluft	26,25° „
„ Essengase	500° „
Feuchtigkeitsgehalt der Verbrennungsluft	12,21 g
Barometerstand	716,7 mm

Calorimetrische Messung.

Im Eiscalorimeter:

Gewicht der Stahlprobe	217 g
Geschmolzenes Eis	750 „

$$\frac{750 \times 80}{217} = 276{,}5 \text{ Calorien.}$$

β) Chemische Vorgänge im Martinofen.

Aus dem Einsatze wurden oxydirt:

2,642 kg	C	durch	7,048 kg	O	zu	9,690 kg	CO^2
1,250 „	Si	„	1,429 „	„	„	2,679 „	SiO^2
3,156 „	Mn	„	0,902 „	„	„	4,058 „	MnO
5,772 „	Fe	„	1,649 „	„	„	7,421 „	FeO
12,820 kg			11,028 kg			23,848 kg	

Nach der oben gegebenen Analyse enthält die Schlacke pro 100 kg Kohle:

SiO^2	9,796 kg
FeO	7,211 „
MnO	3,908 „
Abgang	0,545 „
	21,460 kg

Nach der vorhin berechneten, verschlackten Eisen- und Mangan-menge (Fe = 5,772, Mn = 3,156) berechnet sich unter Zugrundelegung des durch die Analyse erhaltenen Kieselsäuregehaltes der Schlacke und der direkt ermittelten Schlackenmenge die prozentische Zusammensetzung derselben mit:

45,65% SiO^2
34,58% FeO
18,91% MnO
0,86% Abgang,

[1]) Die specifische Wärme des Schmiedeisens berechnet sich nach der Wein-hold'schen Formel zwischen 0° und 1400° C. mit 0,195 106 6, woraus sich die Temperatur des Stahlbades mit 1417,6° C. ergeben würde, was aus den schon früher erwähnten Gründen etwas zu hoch ist.

was mit dem Resultate der Analyse nahe übereinstimmt:

	gerechnet	Resultat der Analyse	Differenz
SiO^2	45,65	45,65	—
FeO	34,58	33,60	+ 0,98
MnO	18,91	18,21	+ 0,70
Abgang	0,86	2,54	— 1,68

Die Differenzen sind mit Rücksicht auf die grossen Quantitäten, mit denen man es bei diesem Versuche zu thun hatte, verschwindend.

Von den Schlackenbestandtheilen stammen:

2,679 kg SiO^2 aus der Beschickung
7,117 „ SiO^2 „ „ Zustellung
4,058 „ MnO „ „ Beschickung
7,421 „ FeO „ „ „

Die aus der Beschickung stammenden enthalten:

in SiO^2	1,429 kg O
„ FeO	1,649 „ „
„ MnO	0,902 „ „
	3,980 kg O

Die Generatorgase enthalten pro 100 kg Kohle 47,13 kg C.
aus dem Metallbade stammen . . . . . 2,642 „ „
Es müssen somit die Essengase . . . . . 49,772 kg C.
enthalten, woraus sich die Zusammensetzung der Essengase pro 100 kg Kohle berechnet:

Tabelle XXII.

Essengase	C	O	H	N	Summe
	in Kilogrammen				
CO^2	49,772	132,725	—	—	182,497
O^2	—	80,935	—	—	80,935
CO	—	—	—	—	—
N^2	—	—	—	857,557	857,557
Summe	49,772	213,660	—	857,557	1120,989
H^2O aus den Generatorgasen	—	20,542	2,568	—	23,110
H^2O aus der Verbrennungsluft	—	7,828	0,978	—	8,806

Von den 857,557 kg N stammen 243,280 kg aus den Generatorgasen, daher 614,277 kg aus der Verbrennungsluft, deren Zusammensetzung sich hieraus wie folgt berechnet:

N	614,277 kg
O	181,417 „
Summe	795,694 kg

Die Feuchtigkeit derselben beträgt nach oben angeführten Daten, da 1 cm^3 Luft bei dem herrschenden Barometerstande und der

beobachteten Temperatur 1,102 kg wiegt und das Luftquantum in cm³ sich daraus mit 721,22 berechnet, 8,806 kg H_2O. Durch Verbrennung des H der Generatorgase entstandenes Wasser = 24,21 kg. Der Gesammtwassergehalt der Essengase stellt sich somit auf 56,126 kg.

Tabelle XXIII.

Elemente	In den Ofen wurden eingetragen				Von der Zustellung wurden verschlackt	Summe	Dem Ofen wurden entnommen			
	Generatorgase	Verbrennungsluft	Einsatz	Summe			Essengase	Stahl	Schlacke	Summe
C_2 . . .	47,13	—	2,949	50,079	—	50,079	49,772	0,307	—	50,079
O_2 . . .	95,41	181,417	—	276,827	—	276,827	272,842	—	3,980	276,822
H_2 . . .	5,26	—	—	5,260	—	5,260	5,260	—	—	5,260
N_2 . . .	243,28	614,277	—	857,557	—	857,557	857,557	—	—	857,557
NH^3 . . .	0,85	—	—	0,850	—	0,850	0,850	—	—	0,850
Fe_2 . . .	—	—	267,035	267,035	—	267,035	—	261,263	5,772	267,035
FeO . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn_2 . . .	—	—	3,646	3,646	—	3,646	—	0,490	3,156	3,646
Si_2 . . .	—	—	1,360	1,360	—	1,360	—	0,110	1,250	1,360
SiO^2 . . .	—	—	—	—	7,117	7,117	—	—	7,117	7,117
H_2O . . .	—	8,806	—	8,806	—	8,806	8,806	—	—	8,806
S_2 . . .	0,49	—	—	0,490	—	0,490	0,490	—	—	0,490
Abgang .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe	392,42	804,500	274,990	1471,910	7,117	1479,027	1195,577	262,170	21,275	1479,022

Der sich ergebende Fehler stellt sich auf:

$$1479{,}027 - 1479{,}022 = 0{,}005 \text{ kg}$$

Abgang in der Produktion.

Derselbe wächst allerdings, wenn man berücksichtigt, dass die 0,49 kg S mit 0,49 kg O zu SO^2 verbunden sein werden und wenn man annimmt, dass der Abgang von 0,185 kg als Sauerstoff (in Fe_2O_3) vorhanden ist, so stellt sich der Gesammtfehler auf:

$$(0{,}005 + 0{,}490) - 0{,}185 = 0{,}310 \text{ kg}$$

oder nicht einmal 0,1% der Gesammtproduktion; der Fehler ist somit verschwindend.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

1. Von aussen zugeführte Wärme:

durch die 150° C. warmen Generatorgase:

$97{,}724 \times 165 \ldots = 16\,124{,}4$ Cal.

durch den Wassergehalt der Gase:

$23{,}11\,[536{,}5 + (165 \times 0{,}481)] \ldots = 14\,235{,}8$ „

durch die 26,25° C. warme Verbrennungsluft:

$795{,}694 \times 26{,}25 \times 0{,}238 \ldots = 4\,971{,}1$ „

Fürtrag 35 331,3 Cal.

Uebertrag		35 331,3 Cal.
durch den Wassergehalt der Verbrennungsluft:		
8,806 [536,5 + (26,25 × 0,481)] . . .	=	4 746,4 „
durch den 700° C., resp. 26,25° C. warmen Einsatz	=	18 048,9 „
		58 126,6 Cal.

2. durch die vollständige Verbrennung der Generatorgase:

(nach der Wärme-Bilanz des Generators) . = 322 736,7 Cal.

3. durch theilweise Oxydation des Metallbades:

C zu CO^2:

2,642 kg × 8080 = 21 347,4 Cal.

Si zu SiO^2:

1,250 kg × 7830 = 9 787,5 „

Mn zu MnO:

3,156 kg × 1693 = 5 343,1 „

Fe zu FeO:

5,772 kg × 1258 = 7 261,2 „ 43 739,2 „

Gesammte produzirte Wärme = **424 602,5** Cal.

II. Wärmeentgang:

1. durch die 500° C. warmen Essengase:

	kg		sp. W.		W. C.
CO^2	182,497	×	0,217	=	39,602
O^2	80,935	×	218	=	17,644
CO	—	×	245	=	—
N^2	857,557	×	244	=	209,244
					266,490 × 500 = 133 245,0 Cal.

2. durch den Wassergehalt der Essengase:

56,126 [536,5 + (500 × 0,481)] . . . = 43 609,8 „

3. durch Stahl und Schlacke dem Ofen entnommene Wärme:

262,17 × 277 = 72 621 Cal.

21,46 × 560 = 12 018 „ 84 639,0 „

daher: 261 493,8 Cal.

5. Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung = 163 108,7 „

Total = **424 602,5** Cal.

Wärme-Bilanz.

Tabelle XXIV.

Wärmeproduktion	Einzeln		Zusammen		Wärmeentgang	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
1. Von aussen zugeführt:					1. durch die Esengase . .			133 245,0	31,38
durch die Generatorgase .	16 124,4	3,80							
durch den Wassergehalt derselben	14 235,8	3,36			2. durch deren Wassergehalt			43 609,8	10,27
durch die Verbrennungsluft	4 971,1	1,16			3. durch Stahl und Schlacke			84 639,0	19,93
durch deren Wassergehalt	4 746,4	1,10							
durch den Einsatz . . .	18 048,9	4,27	58 126,6	13,69	4. durch Leitung u. Strahlung			163 108,7	38,42
2. durch die Verbrennung der Generatorgase			322 736,7	76,01					
3. durch theilweise Oxydation des Metallbades			43 739,2	10,30					
			424 602,5	100,00				424 602,5	100,00

Versuch IV.

α) Allgemeines.

Der Einsatz betrug:

10 q kalt
36,85 „ heiss (700° C.)
zusammen 46,85 q
Ausbringen 44,60 „
Calo 2,25 q

Schlacke —,— Schlacke 490 kg
Nachschlacke 90 „
580 kg

Daher wurden pro 100 kg Kohle vergichtet:

$\frac{1000 \times 100}{3214} = 31{,}12$ kg kalt

$\frac{3685 \times 100}{3214} = 114{,}65$ „ heiss

zusammen 145,77 kg

gewonnen:

Stahl: $\frac{45{,}80 \times 100}{3214} = 142{,}50$ kg

Schlacke: $\frac{580 \times 100}{3214} = 18{,}04$ „

Der Einsatz enthielt:

Kohlenstoff	1,35%
Silicium	0,62 „
Mangan	2,05 „

Der gewonnene Stahl enthielt:

Kohlenstoff	0,43%
Silicium	0,24 „
Mangan	0,74 „

Die Schlackenzusammensetzung war:

Kieselsäure	53,99%
Manganoxydul	13,92 „
Eisenoxydul	30,10 „
Kalk, Thonerde etc. . .	1,99 „

Zusammensetzung der Essengase:

Bestandtheile	7h —m bis 7h 15m a. m. = 15m = 1/4h	7h 45m bis 10h —m a. m. = 2h 15m = 9/4h	11h —m a. m. bis 1h —m p. m. = 2h—m = 8/4h	1h 30m bis 3h —m p. m. = 1h 30m = 6/4h	Mittel
Kohlensäure . .	12,3	12,4	11,4	11,3	11,78 Vol.-%
Sauerstoff . . .	5,3	5,1	6,1	6,0	5,67 „ „
Stickstoff	82,4	82,5	82,5	82,7	82,55 „ „
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00 Vol.-%

Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Verbrennungsluft der Martinhütte:

6h	14° R.	53 %
7h	12° „	61 „
8h	11° „	66 „
9h	11° „	64 „
10h	11° „	60 „
11h	12° „	59 „
12h	13° „	56 „
1h	13° „	54 „
2h	13° „	52 „
3h	13° „	50 „
Mittel	$\frac{123}{10} = 12{,}3°$ R.	$\frac{565}{10} = 56{,}5$ %

oder 15,4° C.

Bei 15,4° C. enthält 1 m³ mit Wasserdampf gesättigte Luft $13{,}0 + 4 \times 0{,}07 = 13{,}0 + 0{,}28 = 13{,}28$ g Wasserdampf, daher

während des Versuches $\frac{13{,}28 \times 56{,}5}{100} = 7{,}50$ g Wasserdampf.

Mittlere Temperatur der Generatorgase beim Eintritt in den Regenerator . . . . . 164,16° C.

Mittlere Temperatur der Essengase . . . . . 360° C.

β) Chemische Vorgänge im Martinofen:

Gewicht pro 100 kg Kohle in kg	Total	C	Si	Mn
Einsatz	145,78	1,98	0,91	3,00
Stahl	142,50	0,52	0,34	1,05
Differenz	3,28	1,46	0,57	1,95

Elementarzusammensetzung der Essengase:

Essengase	C	O	N	Summe
Kohlensäure	5,89	11,78	—	11,78
Sauerstoff	—	5,67	—	5,67
Stickstoff	—	—	82,55	82,55
Summa	5,89	17,45	82,55	100,00

In die Essengase gingen pro 100 kg Kohle aus der Beschickung 1,46 kg, oder, weil 1 m³ hypothetisches Kohlenstoffgas (bei 0° C. und 760 mm Barometerstand) 1,071 948 kg wiegt,

1,46 : 1,071 948 = ... 1,362 m³ C. (Gas)

die Generatorgase liefern nach Obigem . . . 50,843 „ „ („)

zusammen 52,205 m³ C. (Gas)

woraus sich die Menge der Bestandtheile des trockenen Essengases ergibt zu:

Tabelle XXV.

	C m³	O m³	H m³	N m³	Verbindungen m³
Kohlensäure, CO^2	52,21	104,41	—	—	104,41
Sauerstoff, O^2	—	50,25	—	—	50,25
Stickstoff, N^2	—	—	—	713,67	713,67
Der Generator brachte mit	50,84	61,58	38,46	204,68	345,28
Rest	1,36	93,08	— 38,46	508,99	523,05
Verbrennungsluft (trocken)	—	135,30	—	508,99	644,29
Rest	1,36	— 42,22	— 38,46	—	121,24
gebildetes Wasser	—	19,23	38,46	—	57,69
Rest	1,36	— 22,99	—	—	63,55
Die zu verschlackenden Si-, Fe- und Mn-Mengen benöthigen:					
$8/7 \times 0{,}57 = 0{,}65$ kg Sauerstoff					
$2/7 \times 0{,}95 = 0{,}56$ „ „					
$2/9 \times 5{,}43 = 1{,}21$ „ „					
zusammen 2,42 „ „					
oder $2{,}42 \times 1{,}4303 =$	—	3,46	—	—	—
Rest	1,36	— 19,53	—	—	—
Aus dem Einsatze entstand noch an CO^2	1,36	2,72	—	—	—
Rest	—	16,81	—	—	—

Von dem obigen Sauerstoffmanco von . . . . . 16,81 m³
sind noch in Abzug zu bringen:

zur Verbrennung des Schwefelwasserstoffes $\left\{\begin{matrix}0{,}11\\0{,}08\end{matrix}\right\}$ 0,19 kg

„ „ des Wasserstoffs vom dissociirten NH_3 0,16 „

0,35 kg

oder $0{,}35 : 1{,}4303 =$ . . . . . 0,25 „

Rest 16,56 „

Sowie der Sauerstoffüberschuss in den Generatorgasen von
$3{,}69 : 1{,}4303 =$ . . . . . 2,58 „

so dass sich der Sauerstoffabgang in den Gasen auf . . . 13,98 „ reduzirt. Dieses Manco rührt wahrscheinlich wenigstens theilweise daher, dass die Luft im Hüttenraume weniger als 21 Vol.-% Sauerstoff enthält.

Zieht man diese 13,98 m³ von den oben gegebenem 138,30 m³ Sauerstoff ab, so enthielte die Luft des Hüttenraumes:

114,32 m³ Sauerstoff und
508,99 „ Stickstoff,

zusammen 623,31 m³.

Die volumprozentische Zusammensetzung derselben würde sonach sein:

18,34	Vol.-% Sauerstoff,
81,66	„ „ Stickstoff
100,00	

Berechnung des Wassergehaltes der Essengase.

Die Verbrennungsluft enthält . . . . 4,83 kg Wasserdampf,
die Generatorgase bringen mit . . . . . 16,76 „ „
durch Verbrennung der Generatorgase entstehen:
$9(0{,}17 + 0{,}16 + 0{,}02 + 0{,}01 + 3{,}12) = 9 \times 3{,}48 =$ 31,32 „ „
Gehalt der Essengase . . . . . 52,91 „ „

Schreiten wir nun zur Zusammenstellung der oben berechneten Daten, wozu wir jedoch alle Volum- in Gewichts-Angaben umrechnen müssen, so erhalten wir die nebenstehende chemische Bilanz S. 83.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

1. Von aussen zugeführte Wärme:

a) Von den Generatorgasen durch deren Temperatur zugeführte Wärme:

CO^2	17,990 (m³)	× 0,4266 =	7,675
CO	82,832 („)	× 0,3034 =	25,129
CH_4	0,863 („)	× 0,4243 =	0,366
O^2	2,175 („)	× 0,3121 =	0,679
N^2	204,680 („)	× 0,3066 =	62,745
H^2	36,737 („)	× 0,3051 =	11,207
NH^3	0,12 (kg)	× 0,508 =	0,061
H^2S	0,12 („)	× 0,243 =	0,029

$107{,}891 \times 164{,}76 =$ 19 034,2 Cal.

durch deren Wassergehalt mitgebrachte Wärme
$16{,}76\,[536{,}5 + 164{,}16 \times 0{,}481]$ . . . . . = 10 315,1 „

b) Von der Verbrennungsluft durch deren Temperatur zugeführte Wärme:

$833{,}12 \times 0{,}238 \times 15{,}4 = 3053{,}55$

Wassergehalt derselben:

$4{,}83\,[536{,}5 + 15{,}4 \times 0{,}481] = 2627{,}07 =$ 5 680,6 „

c) durch den Einsatz mitgebrachte Wärme:

31,11 Stahl kalt (15,4° C.)
31,12 Stahl warm (700° C.)
39,97 Roheisen, Spiegeleisen, Ferromago, warm (700° C.)
43,57 Luppeneisen, warm (700° C.)

$31{,}11 \times 0{,}170 \times 15{,}4 =$ 81,44
$74{,}70 \times 0{,}117 \times 700 =$ } 10 595,20 = 10 676,6 „
$39{,}97 \times 0{,}130 \times 700 =$ }

45 706,5 Cal.

Chemische Bilanz.

Tabelle XXVI.

Stoffe	In den Ofen wurden eingebracht				Von der Zustellung wurden verschlackt	Summe	Dem Ofen wurden entnommen				Differenz
	Generatorgas	Verbrennungsluft	Einsatz	Summe			Essengase	Stahl	Schlacke	Summe	
C	54,55	—	1,88	56,43	—	56,43	55,96[4])	0,61	—	56,57	— 0,14
O	86,08	193,52[1])	—	279,60	—	279,60	218,18[5])	—	2,42	220,60	+ 59,00
H	3,46	—	—	3,46	—	3,46	—	—	—	—	+ 3,46
N	257,20	639,60[2])	—	896,80	—	896,80	896,80[6])	—	—	896,80	—
NH^3	0,12	—	—	0,12	—	0,12	0,12	—	—	0,12	—
Fe	—	—	139,99[3])	139,99	—	139,99	—	140,50	4,22	144,72	— 4,73
Mn	—	—	3,00	3,00	—	3,00	—	1,05	1,95	3,00	—
Si	—	—	0,91	0,91	—	0,91	—	0,34	0,57	0,91	—
SiO^2	—	—	—	—	8,52	8,52	—	—	8,52	8,52	—
CaO, Al_2O_3, etc. .	—	—	—	—	0,36	0,36	—	—	0,36	0,36	—
H^2O	16,76	4,83	—	21,59	—	21,59	52,91	—	—	52,91	— 31,32
S	0,11	—	—	0,11	—	0,11	0,11	—	—	0,11	—
	418,28	837,95	145,78	1402,01	8,88	1410,89	1224,08	142,50	18,04	1384,62	26,27[7])

[1]) $135{,}30 \times 1{,}4303$.

[2]) $508{,}99 \times 1{,}2566$.

[3]) Angenommen als nur aus Fe, C, Si und Mn bestehend.

[4]) $52{,}21 \times 1{,}071948$.

[5]) $154{,}66 \times 1{,}4303$.

[6]) $713{,}67 \times 1{,}2566$.

[7]) Dieser Fehler reduzirt sich noch weiter, da ja die ausgewiesenen 3,46 kg H_2 mit $8 \times 3{,}46 = 27{,}68$ kg O^2 verbunden sein müssen, auf den Gesammtfehler von $26{,}27 - 27{,}68 = -1{,}41$ kg oder 0,099 % der totalen in Betracht kommenden Materialmenge.

2. Durch die vollständige Verbrennung der Generatorgase produzirte Wärme nach der Wärmebilanz der Generatoren . . . 371 282,6 Cal.

3. Durch Oxydation eines Theiles des Einsatzes gebildete Wärmemengen:

C . . .	1,27 (kg) × 8080 (Cal.) =	10 261,60	
Si . .	0,57 („) × 7830 („) =	2 463,10	
Mn . .	1,95 („) × 1693 („) =	3 301,35	
Fe . .	4,22 („) × 1258 („) =	5 308,76	21 334,8 „
	Gesammte Wärmeproduktion		438 323,9 Cal.

II. Wärmeentgang.

1. Durch die Temperatur der Essengase entführte Wärme:

	m³	spec. W.	Wc		
CO^2 .	104,41	× 0,4266 =	44,541		
O^2 . .	50,25	× 0,3121 =	15,683		
N^2 . .	713,67	× 0,3066 =	218,821		
			279,045	× 360° =	100 456,2 Cal.
2. Wasser . . .			52,91 [536,5 + 360 × 0,481] =		37 550,2 „
					138 006,4 Cal.

3. durch Stahl und Schlacke entzogene Wärme:

142,50 × 312 = 44 460 Cal.
18,04 × 560 = 10 102,4 „ — 54 562,4 Cal.

192 568,8 Cal.

4. daher Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung:

438 323,9 — 192 568,8 = ... 245 755,1 Cal.

438 323,9 Cal.

Zum Schlusse dieses Heizversuches möge noch erwähnt werden, dass der untersuchte Siemens-Martinofen mit gesenktem Gewölbe, also ebenso wie bei den seinerzeit publizirten beiden ersten Heizversuchen zugestellt war und auch in den Resultaten mit den damaligen ziemlich übereinstimmt.

Wärmebilanz.

Tabelle XXVII.

I. Wärmeproduktion	Einzeln		Zusammen		II. Wärmeentgang	Einzeln		Zusammen	
	Calorien	%	Calorien	%		Calorien	%	Calorien	%
1. Von aussen zugeführte Wärme:					1. Durch die Temperatur der Essengase entführte Wärme			138 006,4	31,48
a) Von den Generatorgasen durch deren Temperatur mitgeführte Wärme . .	29 349,3	6,69			2. In Folge unvollständiger Verbrennung der Generatorgase nicht produzirte Wärme			—	—
b) Von der Verbrennungsluft durch deren Temperatur zugeführte Wärme	5 680,6	1,30			3. Durch Stahl und Schlacke dem Ofen entzogene Wärme			54 562,4	12,45
c) Durch den Einsatz mitgebrachte Wärme . . .	10 676,6	2,43	45 706,5	10,42	4. Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung . .			245 755,1	56,07
2. Durch die vollständige Verbrennung der Generatorgase produzirte Wärme .			371 282,6	84,75					
3. Durch Oxydation von Bestandtheilen des Einsatzes gebildete Wärme . . .			21 334,8	4,83					
			438 323,9	100,00				438 323,9	100,00

Berechnen wir auch hier die im Siemens-Martinofen erzielte Verbrennungstemperatur der Generatorgase, so haben wir:

Verbrennungswärme der Generatorgase	371 282,6 Cal.
Wärmekapazität der trockenen Essengase . . .	279,0 Cal.
„ des Wasserdampfes circa . . .	28,0 „
	307,0 Cal.

$$\text{Verbrennungstemperatur} = \frac{\text{Verbrennungswärme}}{\text{Wärmekapazität}} = 1210^{0}\ \text{C.}$$

oder (wenn wir die gesammte im Siemens-Martinofen vorhandene Wärme in Betracht ziehen) genauer:

Gesammte im Siemens-Martinofen (pro 100 kg gegichtete Kohle) disponible Wärme . . . =	438 323,9 Cal.
Wärmekapazität der feuchten Essengase (wie oben) etwa	307,0 „

$$\text{Verbrennungstemperatur} = \frac{\text{Gesammtwärmemenge}}{\text{Wärmekapazität}} = 1427^{0}\ \text{C.}$$

Berechnung der Leitungsverluste von den Generatoren zum Martinofen.

Tabelle XXVIII.

Versuch	Gasmenge in Kilogrammen	Temperaturen in Graden Celsius			Wärmemenge durch die Generatorgase		Leitungsverlust
		bei den Generatoren	beim Martinofen	Differenz	dem Generator entzogen	dem Martinofen zugeführt	
					in Calorien		
Nr. 1 . . .	322,65	206	100	106	30 513,4	20 800,0	9 713,4
Nr. 2 . . .	361,26	300	180	120	40 628,5	28 286,1	12 342,4
Nr. 3 . . .	392,42	279	165	114	42 765,0	30 360,2	12 404,8
Nr. 4 . . .	418,28	282,37	164,16	118,21	41 733,3	29 349,3	12 384,0

Die Leitungslänge war in allen Fällen die gleiche. Daraus lässt sich der durchschnittliche Wärmeverlust pro Meter berechnen mit 335 bis 428 Calorien, ferner pro Stunde und Meter Leitung für unsere Fälle mit 30,5 bis 47,5 Calorien.

Es genügt hier behufs Vergleichung obiger Zahlen zu erwähnen, dass bei Versuch III in Folge Regenwetters, bei IV in Folge der niederen Lufttemperatur die Abkühlung eine bedeutendere war, bei Versuch II war die Temperaturdifferenz die grösste in Folge der höchsten Gastemperatur bei den Generatoren.

VI. Zusammenstellung vorstehender Versuchsdaten.

α) Allgemeines.

	Versuch II kg	Versuch III kg	Versuch IV kg
Einsatz pro 100 kg Kohle	167,74	274,99	145,78
Der Einsatz enthält:			
Kohlenstoff	1,562	2,949	1,98
Silicium	0,496	1,360	0,91
Mangan	1,631	3,646	3,00
Eisen	164,051	267,035	139,89
Erzeugung pro 100 kg Kohle:			
Stahl	159,20	262,17	142,50
welcher enthält:			
Kohlenstoff	0,239	0,307	0,52
Silicium	0,096	0,110	0,34
Mangan	0,318	0,490	1,05
Eisen	158,547	261,263	140,59
Schlacke	18,79	21,46	18,04
welche enthält:			
SiO^2	9,395	9,796	9,74
FeO	1,688	7,211	5,43
MnO	7,707	3,908	2,51
Abgang	—	0,545	0,36
Summe	18,790	21,460	18,04
Verbrennungsluft pro 100 kg Kohle:			
Sauerstoff	171,945	181,417	193,52
Stickstoff	582,200	614,277	639,60
Wasser	6,037	8,806	4,83
Summe	760,182	804,500	837,95
Generatorgase:			
Kohlensäure	24,08	23,48	35,37
Sauerstoff	0,89	4,42	1,11
Kohlenoxyd	98,37	93,40	103,68
Methan	0,69	0,92	0,63
Wasserstoff	3,39	2,44	3,29
Schwefelwasserstoff	0,425	0,52	0,12
Ammoniak	0,62	0,85	0,12
Stickstoff	214,65	243,28	257,20
Wasser	18,165	23,11	16,76
Summe	361,270	392,42	418,28

	Versuch II kg	Versuch III kg	Versuch IV kg
Essengase:			
Kohlensäure	185,38	182,497	206,44
Sauerstoff	68,06	80,935	71,85
Kohlenoxyd	0,03	—	—
Stickstoff	796,85	857,557	896,51
Wasser	56,467	56,126	52,91
Summe	1106,787	1177,115	1227,71
Luftüberschuss	1 : 1,66	1 : 1,80	1 : 1,47

	Grade Celsius		
Temperaturen:			
des kalten Einsatzes	23,7	26,25	15,4
„ heissen „	700	700	700
„ Stahles und der Schlacke	1600	1410	1510
der Generatorgase	180	165	164,16
„ der Verbrennungsluft	23,7	26,25	15,4
„ Essengase	500	500	360

β) Chemische Vorgänge im Martinofen.

	Versuch II kg	Versuch III kg	Versuch IV kg
Aus dem Einsatze wurden oxydirt:			
Kohlenstoff	1,323	2,642	1,27
Silicium	0,398	1,250	0,57
Mangan	1,313	3,156	1,95
Eisen	3,350	5,772	4,22
Unter Aufnahme von Sauerstoff	5,318	11,028	5,79
Aus dem Einsatze gingen als Sauerstoffverbindung in die Schlacke über:			
SiO^2	0,004	—	1,22
FeO	3,400	—	5,43
Die Generatorgase enthalten:			
Kohlenstoff	49,25	47,13	50,85
Aus dem Metallbade stammen:			
Kohlenstoff	1,323	2,642	1,46
Die Essengase enthalten:			
Kohlenstoff	50,573	49,772	52,21

Woraus sich die oben gegebene Zusammensetzung der Essengase berechnet.

γ) Wärmevertheilung.

I. Wärmeproduktion.

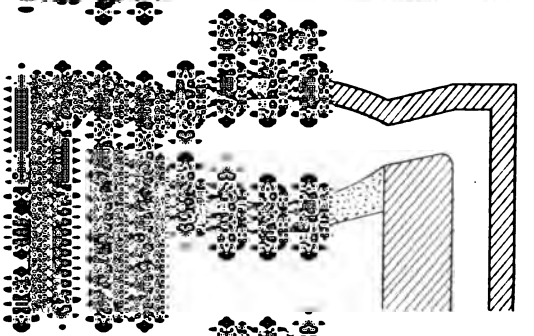
	Versuch II		Versuch III		Versuch IV	
	In Tausenden Calorien					
	Cal.	Proz.	Cal.	Proz.	Cal.	Proz.
1. Von aussen zugeführt: durch die Generatorgase und deren Wassergehalt	28,3	6,53	30,4	7,16	29,3	6,69
durch die Verbrennungsluft und deren Wassergehalt .	7,2	1,68	9,7	2,26	5,7	1,30
durch den Einsatz . . .	12,9	2,98	18,0	4,27	10,7	2,43
	48,4	11,19	58,1	13,69	45,7	10,42
2. durch Verbrennung der Generatorgase	364,5	84,16	322,7	76,01	371,3	84,75
3. durch theilweise Oxydation des Metallbades . . .	20,1	4,65	43,7	10,30	21,3	4,83
Gesammte Wärmeproduktion	433,0	100,00	424,5	100,00	438,6	100,00

II. Wärmeentgang.

1. durch die Essengase .	124,8	28,80	133,2	31,38	100,5	23,03
2. durch deren Wassergehalt	43,9	10,13	43,6	10,27	37,5	8,45
Summe	168,6	38,93	176,8	41,65	138,0	31,48
3. durch Stahl u. Schlacke	65,0	15,00	84,6	19,93	54,6	12,45
4. durch Leitung und Strahlung	199,4	46,05	163,1	38,42	245,7	56,07
durch unvollständige Verbrennung	—	0,02	—	—	—	—
Gesammter Wärmeentgang	433,0	100,00	424,5	100,00	438,3	100,00
Nutzeffekt in Prozenten		15,00		19,93		12,45

ersuchs-Resultate.

rde dieselbe Stahlnummer, bei
ei Versuch II und Versuch IV
(Fig. 4), bei Versuch III mit



	10h 30m	
	11h 0m	
	8h 50m	
	5445	kg
	4910	„
	4685	„
	274,99	kg
	167,74	„
	145,77	„
ohle um	107,25	kg (63,9 %)
	129,22	„ (88,6 %)

I und IV ist pro 100 kg Kohle
f gleichen Einsatz jedoch bei
iesem Sinterspaquete zugesetzt

Die Betrachtung der Zahlen, die Generatorgase und die Verbrennungsluft betreffend, ergibt, dass bei Versuch III pro 100 kg Kohle eine grössere, aber schlechtere (CO- und H-Gehalte sind kleiner, N-Gehalt und Feuchtigkeit beziehungsweise CO^2 grösser) Gasmenge geliefert wurde. Die Menge der Verbrennungsluft ist dementsprechend, sowie in Berücksichtigung des Umstandes, dass beim 3. Versuch die Verbrennung eine vollständige war, grösser als bei Versuch II. Der grössere Luftüberschuss in diesem Falle mag von der Stellung des Luftventiles, theilweise aber auch von dem grösseren Luftzutritt durch die Arbeitsthür abhängen, liegt jedoch immerhin noch in den Grenzen der Zulässigkeit.

Die Temperatur der Generatorgase war bei Versuch II höher, bei Versuch IV aber unbedeutend niedriger als bei Versuch III.

Um ein übersichtliches Bild von der Grösse der Oxydation von Elementen aus dem Metallbade zu gewinnen, führen wir die Mengen an, welche hierbei in Aktion traten. Es waren

	an Kohlenstoff	an Si, Fe und Mn zusammen
bei Versuch II	1,323 kg	5,061 kg
„ „ III	2,642 „	10,178 „
„ „ IV	1,27 „	7,74 „
oder pro 1 kg Erzeugung:		
bei Versuch II	8,3 g	31,8 g
„ „ III	10,1 „	38,9 „
„ „ IV	8,91 „	54,3 „

Die weit höheren Zahlen bei Versuch III und theilweise IV haben darin ihren Grund, dass bei Versuch II Sinterspaquete eingesetzt wurden, was bei den beiden anderen nicht der Fall war, können jedoch auch möglicherweise bei Versuch III mit dem bedeutenden Luftüberschuss in Zusammenhang stehen.

Zur Wärmevertheilung übergehend, finden wir, dass die Zahlen der von aussen zugeführten Wärmemengen durchgehends bei Versuch III etwas höher sind, was mit der grösseren Gasquantität, mit der Menge und dem Wassergehalte der Verbrennungsluft, mit der Grösse und Temperatur des Einsatzes zusammenhängt; der Unterschied beträgt übrigens nur 2,5 % beziehungsweise 3,2 % der Gesammtwärmeproduktion.

Ad 2. Verbrennung der Generatorgase, wurde bei Versuch II und IV mehr Wärme geliefert, als bei Versuch III, trotzdem bei letzterem die Gasmenge eine grössere war, weil die Güte der Gase jener beim ersteren der Versuche nachstand. Die durch theilweise Oxydation des Metallbades erzeugte Wärme stellt sich beim 3. Versuch erheblich grösser als beim 2. und 4., der Grund hiefür liegt, wie vorerwähnt, in der Anwendung von Sinterspaqueten bei Versuch II, sowie in der härteren Stahlqualität bei Versuch IV. Die Sinterspaquete enthalten das zur Schlackenbildung nöthige FeO schon fertig gebildet, während dasselbe bei

Abwesenheit der Sinterspaquete im Einsatze erst aus dem Metallbade gebildet werden muss; daraus folgt, dass das Eintragen von Sinterspaqueten in entsprechender Menge vortheilhaft ist, da das enthaltene FeO sofort in die Schlacke übergeht und der Abbrand des Einsatzes vermindert wird, allerdings darf nicht übersehen werden, dass sich hierdurch die Wärmeproduktion verringert, was jedoch für die Wärmeausnützung nicht nennenswerth von Belang sein wird, wie folgende Betrachtung zeigt.

Bei Versuch II gingen pro 100 kg Kohle 3,4 kg FeO aus den Sinterspaqueten in die Schlacke, welche 2,63 kg Fe und 0,77 kg O enthielten, hierdurch wurde der Abbrand um voriges Eisenquantum und die Wärmeproduktion um 3308 Calorien vermindert, hierzu kommt noch als Verlust jene Wärmemenge, welche zur Reduktion des Fe_3O_4 der Sinterspaquets zu FeO aufgewendet werden musste, nämlich 4410 — 3308 = 1102 Calorien, so dass sich der Gesammtverlust auf 4410 Calorien stellt. Da nun zur Verschlackung von 2,63 kg Eisen 0,77 kg Sauerstoff benöthigt werden und diesen 2,57 kg Stickstoff entsprechen, welche auf die Temperatur der Essengase (500° C.) erhitzt werden müssten, so resultirt dadurch ein Wärmeentgang durch Vermehrung der Essengase von 313 Calorien, so dass noch 4097 Calorien als Wärmeproduktionsverlust verbleiben. Würde man den Wassergehalt der Verbrennungsluft auch noch einbeziehen, so würde sich obige Zahl noch um ca. 30 Calorien vermindern, so dass sich selbe auf 4067 Calorien stellen würde. Berücksichtigen wir, dass zur Erzeugung von 100 kg Martinstahl 262 801 Calorien benöthigt wurden, so hätten mit obigen 4067 Calorien noch $\frac{4067 \times 100}{262801} = 1{,}55$ kg Martinstahl erzeugt werden können, also um 2,63 — 1,55 = 1,08 kg Stahl weniger, als bei Anwendung der Sinterspaquete.

Was die Gesammt-Wärmeproduktion betrifft, so stimmt selbe bei allen Versuchen nahezu überein.

Wenden wir uns nun zum Wärmeentgang, so ergibt sich zunächst ein um wenig grösserer Verlust durch Essengase bei Versuch III, trotzdem die Essengasmenge in diesem Falle grösser und die Temperatur derselben bei beiden Versuchen die gleiche war, was zu Gunsten des Ofenganges bei Versuch III spricht. Versuch IV zeigt den kleinsten Verlust, was sowohl von der Kürze der Chargendauer als dem geringen Luftüberschusse herrührt.

Der Wärmeverlust durch die unvollständige Verbrennung ist im 1. Falle 0,02 %, also verschwindend, im 2. und 3. Falle Null.

Der Verlust durch Leitung und Strahlung ist bei Versuch III erheblich kleiner (ca. 7,5 %), was hauptsächlich daher kommt, dass der Ofen bei diesem Versuche kälter gegangen ist, wofür auch die Schmelztemperatur des Stahles spricht, welche bei Versuch II 1600° C., bei Versuch III 1410° C. war; aus gleichem Grunde ist er bei Versuch IV am grössten.

Hier ist es vielleicht am Platze, zu eruiren, ob die erzeugte Verbrennungstemperatur der Generatorgase genügt, diese Temperaturen im Martinofen zu liefern. Zur beiläufigen Berechnung der Verbrennungstemperaturen der Gase dienen folgende Daten:

	Versuch II Calorien	Versuch III Calorien	Versuch IV Calorien
Verbrennungswärme der Generatorgase	364537	322736	371283
Die Wärmekapazität der trockenen Essengase	249,5	266,5	279,0
Hiezu die Wärmekapazität d. Wasserdampfes circa	28,0	28,0	28,0
Zusammen	277,5	294,5	307,0

$$\text{Verbrennungstemperatur} = \frac{\text{Wärmemenge}}{\text{Wärmekapazität}} =$$

bei Versuch II . . . . . 1310° C.
„ „ III . . . . . 1095° C.
„ „ IV . . . . . 1210° C.

Ausserdem könnte der kältere Gang des Ofens bei Versuch III auch derart erklärt werden: Die Gase kommen bei der Zustellung mit Dom in einen Raum, dessen Volumen annähernd doppelt so gross ist, wie das der Zustellung mit versenktem Gewölbe; es wird in Folge dessen eine Ausdehnung der Gase stattfinden, welche eine relative Abkühlung, nach dem Poisson'schen Gesetz gerechnet, ergeben wird, die durch die Formel $x_1 = 1{,}3\,x_2 + 80$ ausgedrückt. x_1 = Temperatur der Gase bei Zustellung mit versenktem Gewölbe, x_2 = Temperatur der Gase bei Zustellung mit Dom (Gase von gleicher Zusammensetzung, Menge und Temperatur vorausgesetzt).

Die Generatorgase im Martinofen müssen nach erfolgter Verbrennung eine höhere Temperatur besessen haben, wie das Stahlbad. Die Wärme, welche dieselben vor ihrem Eintritt in den Verbrennungsraum aufgenommen haben, gliedert sich in die Aufnahme von der Steuerklappe bis zum Regenerator und in jene im Regenerator selbst. Erstere lässt sich ermitteln:

	Versuch II Grade Celsius	Versuch III Grade Celsius
Temperatur der Gase beim Austritt aus den Regeneratoren	870	800
Temperatur der Gase beim Eintritt in die Esse	500	500
Differenz-Wärmeverlust der Essengase vom Regenerator bis zur Esse	370	300
Temperatur der Generatorgase an der Steuerklappe	180	165
Temperatur der Generatorgase beim Eintritt in die Regeneratoren	550	475
Differenz-Temperaturzunahme der Generatorgase	370	310

Für Versuch IV liegen nicht genügende Daten vor.

Die Verbrennungsluft, welche mit 23,7° C., resp. 26,25° C. bei der Steuerklappe einströmt, wird jedenfalls mehr Wärme aufgenommen haben, als die Generatorgase auf demselben Wege, wir müssen jedoch davon bei der Berechnung absehen, da uns die Angaben fehlen.

Der 2. Theil, die Wärmezunahme im Regenerator (T_2 und T_3) zu bestimmen, war uns bisher unmöglich. Die Verbrennungstemperatur, welche ober dem Stahlbade erzeugt wurde, war:

$$\text{Versuch II} = 1310 + 370^0\,\text{C.} + T_2 = 1680 + T_2{}^0\,\text{C.}$$
$$\text{„ III} = 1095 + 310^0\,\text{C.} + T_3 = 1405 + T_3{}^0\,\text{C.}$$

Wir ersehen daraus, dass die Temperatur des Stahlbades sicher überschritten wurde, weiters aber auch, dass der Ofen bei Versuch II viel heisser gearbeitet hat, womit der höhere Strahlungs- und Leitungsverlust seine Erklärung findet. Bei den vorhin gegebenen Wärmebilanzen haben wir den Strahlungs- und Leitungsverlust als Differenz zwischen der gesammten Wärmeproduktion abzüglich der verschiedenen direkt ermittelten Posten des Wärmeentganges berechnet. Die derart erhaltenen Zahlen sind den vorhin berechneten Verbrennungstemperaturen proportional; es ist dies ein Zeichen für die Genauigkeit der gemachten Beobachtungen.

Es ist hier vielleicht am Platze, ausdrücklich hervorzuheben, dass sich unsere Berechnungen, und zwar sowohl der chemischen Vorgänge (mindestens so weit sie zur Vergleichung herangezogen wurden), als auch der calorischen Verhältnisse ausschliesslich auf die gemachten Beobachtungen und bekannte Gesetze gründen. Nur so weit die Beobachtungen nicht ausreichten (Theerbildung) oder es der Vollständigkeit halber nöthig erschien (Trennung der trockenen Destillation und der Verbrennung in den Generatoren) oder endlich, um den Nachweis zu liefern, dass sich die aus den Beobachtungen direkt abgeleiteten Fehler durch Einbeziehung weiterer Vorgänge, welche sich aus unseren Beobachtungen nicht ableiten liessen (wenigstens theilweise), motivirt werden können, haben wir geglaubt, einige Annahmen machen zu müssen; doch sind alle hierauf gegründeten Betrachtungen und so gewonnenen Zahlen quasi als Einschaltungen behandelt und von dem Gange unserer eigentlichen Betrachtungen ausgeschlossen worden. Stellt sich nun der erhaltene Fehler so klein heraus, wie es bei unseren Versuchen thatsächlich der Fall ist, so spricht dies für die genügende Genauigkeit der verwendeten, eingangs besprochenen Instrumente, für die präcise Ablesung an den Messapparaten und die Genauigkeit der ausgeführten Analysen, und schliesslich auch für den praktischen Werth, welchen derartige Versuche bei Feuerungsanlagen gewinnen können, insbesondere dann, wenn eine häufigere Anwendung derselben zu Vereinfachungen bei den Beobachtungen und Berechnungen führt.

Nutzeffekt. Derselbe ist beim 3. Versuche um $^1/_3$ desjenigen beim 2. Versuche und um mehr als die Hälfte desjenigen bei Versuch IV

höher, was sich nur erklären lässt durch die Art der Zustellung (mit Dom), welche die Verbrennung der Gase erleichtert und die Wärmeübertragung begünstigt, umsomehr, als die Gase bei diesem Versuche nicht die besten waren. Der Unterschied im Nutzeffekte beim 2. und 4. Versuche ist auf den bedeutend grossen Leitungs- und Strahlungs-Verlust bei Versuch IV zurückzuführen, der offenbar durch die niedrigere Lufttemperatur bedingt ist.

Wie sich bei Versuch II zeigte, ist eine unvollkommene Verbrennung in bescheidenen Grenzen nicht von besonderem Einfluss auf den Gang des Ofens; von üblerem Einfluss ist ein zu grosser Luftüberschuss. Bei Versuch III ist der Luftüberschuss höher, wie bei den anderen Versuchen; der Grund hierfür liegt, wie vorerwähnt, in der Stellung des Luftventiles und wären die Resultate dieses Versuches immerhin noch bessere gewesen, wenn die Stellung des Luftventiles eine günstigere gewesen wäre. Hieraus ersieht man, dass es nicht unvortheilhaft wäre, wenn bei Martinöfen wiederholt im Laufe der Charge Gasanalysen durchgeführt werden würden, um die richtigste Stellung des Luftventiles zu eruiren. Da jedoch die kontinuirliche Durchführung von Gasanalysen mit den uns heute zur Verfügung stehenden Apparaten eine missliche zu nennen ist, so dürfte ein automatischer Gasanalysenapparat mit Freude begrüsst werden.

Nachfolgend einige Betriebsdaten.

	Versuch I [1])	Versuch II	Versuch III	Versuch IV
		pro 100 kg Erzeugung		
Verbrauch:				
an nasser Kohle	79,01	62,81	38,14	70,18
an trockener und aschenfreier Kohle	66,24	51,60	34,08	61,08
an vergaster Kohle	56,44	41,75	26,66	55,18
Einsatz	102,49	105,36	104,87	102,30
		pro 100 kg vergaster Kohle		
Verbrauch:				
an nasser Kohle	140,01	150,44	143,06	127,18
an trockener und aschenfreier Kohle	117,44	123,57	127,79	110,69
an Einsatz	181,63	252,35	393,40	185,39
Erzeugung	177,20	239,51	375,11	181,22

Diese Daten zeigen die Ueberlegenheit des Martinofen mit Dom gegen jenen mit versenktem Gewölbe. Man könnte zwar einwenden, dass im Ofen beim 3. Versuch, welcher die besten Resultate aufweist, am wenigsten Chargen von allen drei Campagnen durchgeführt waren; allein vergleichen wir nun Versuch I und II miteinander, so ergibt sich, dass der Ofen nach Versuch I noch 131 Chargen, nach Versuch II,

[1]) Wir nehmen hier Versuch I wieder mit, da uns vergleichbare Daten zur Verfügung stehen.

welcher bessere Resultate ergab, nur mehr 20 Chargen aushielt; es hätten demnach die Resultate des Versuches II jenen des Versuches I weit nachstehen müssen, während gerade das Umgekehrte der Fall ist.

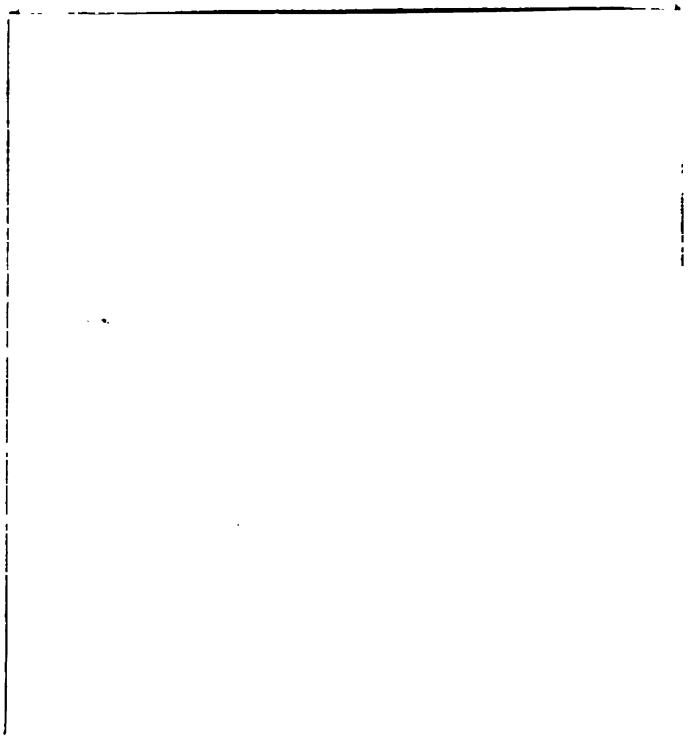
Die Zahlen des Versuches III sind jenen aller anderen Versuche bedeutend überlegen, es kann dies seinen Grund darin haben, dass zu jener Zeit, wo dieser Versuch vorgenommen wurde, der Betrieb beim Martinofen ein besonders guter war; es kommt ja bei jedem Ofenbetrieb vor, dass zeitweise der Apparat prächtig funktionirt, zu anderen Zeiten ganz ohne von dem Hüttenmann auffindbarer Ursache minder befriedigende Resultate liefert, weshalb wir aus den vorstehenden Versuchen, so sehr sie auch zu Gunsten der Zustellung mit Dom sprechen, durchaus kein endgiltiges Urtheil darüber fällen wollen. Hierzu wäre eine grössere Anzahl von Versuchen bei Martinöfen beider Systeme erforderlich, welche anzuregen einer der Hauptzwecke vorliegender Studie ist.

Unter Vorbehalt des Nachweises durch weitere Versuche lässt sich aus den erhaltenen Resultaten folgender Schluss ziehen.

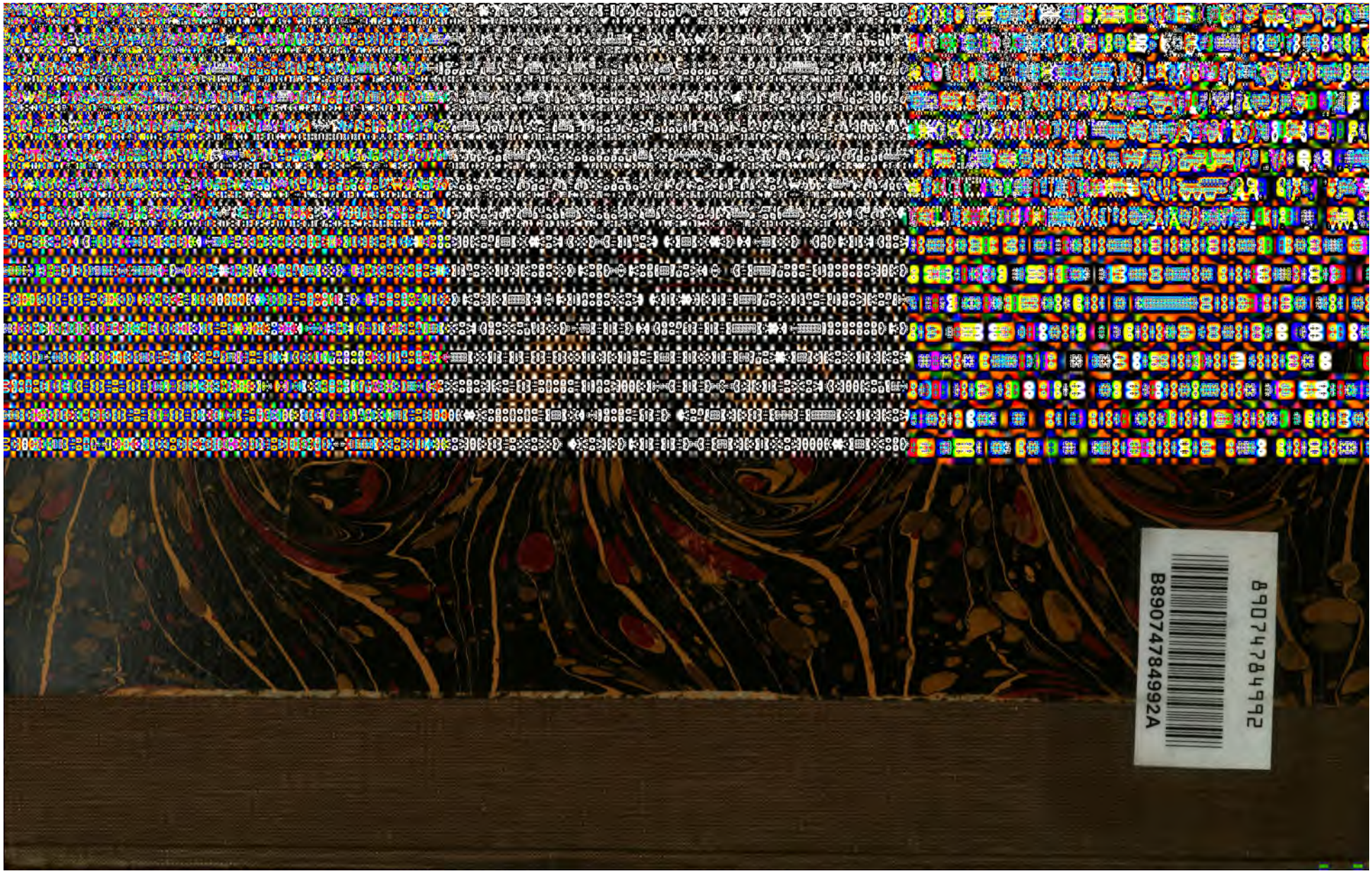
Der Martinofen mit Dom zeigte sich dem Martinofen mit versenktem Gewölbe bedeutend überlegen, und zwar sowohl betreffs Brennmaterialverbrauch, als auch Produktionsmenge und Ofentemperatur. Hierdurch scheint die Siemens'sche Ansicht ihre Bestätigung zu finden, dass 1. die Verbrennung im grösseren Verbrennungsraum eine vollständigere ist, 2. dass die Wärmeübertragung durch Strahlung ausgiebiger ist, als durch direkte Berührung, weshalb ein grösserer Antheil Wärme im Ofen zur Geltung kommt, es scheint somit die Differenz zwischen Flammentemperatur und nöthiger Ofentemperatur kleiner sein zu dürfen. Weil die Temperatur im Ofen niederer ist, werden die mit Dom zugestellten Oefen längere Campagnen durchmachen können und somit mehr zu erzeugen im Stande sein.

89074784992

b89074784992a



ENGINEERING
LIBRARY


B890747849924
B890747849924